DISPENSA N°. 16

CORSO DI TECNICA DELLE

TELECOMUNICAZIONI

IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA

ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 16

Riassunto della materia trattata nella Dispensa precedente *pag.* 1
Radiotecnica . . . . „ 1
L'alimentazione dei radioricevitori . . . . „ 1
Il trasformatore d'alimentazione . . . . „ 2
Il filtraggio della corrente continua . . . . „ 3
Il condensatore elettrolitico . . . . „ 4
Domande . . . . „ 6

Elettrotecnica generale . . . . „ 6
L'impedenza nei collegamenti in serie . . . . „ 6
L'impedenza nei collegamenti in parallelo . . . . „ 6
L'ammettenza . . . . „ 7
Domande . . . . „ 8
Risposte . . . . „ 8

Radiotecnica . . . . „ 8
La designazione delle valvole termoioniche . . . . „ 8
La prima lettera della sigla . . . . „ 9
La seconda lettera della sigla . . . . „ 10
I numeri nelle sigle delle valvole . . . . „ 11
Alcuni esempi di valvole . . . . „ 12
Le valvole americane . . . . „ 14
Domande . . . . „ 14
Risposte . . . . „ 14

Telegrafia . . . . „ 15
La telescrivente . . . . „ 15
L'alfabeto telegrafico . . . . „ 15
Sincronizzazione di partenza e d'arresto . . . . . . „ 16
La telescrivente Siemens . . . . „ 16
Le barre di codice di trasmissione . . . . „ 16
Il trasmettitore . . . . „ 17
Il ricevitore . . . . „ 17
Il meccanismo di scrittura . . . . „ 18
Sincronismo e velocità di trasmissione . . . . . . „ 18
Servizi speciali . . . . „ 19
Domande . . . . „ 19

Radiotecnica . . . . „ 19
Trasmettitori e circuiti di trasmissione . . . . „ 19
Trasmettitori a scariche . . . . „ 19
La bottiglia di Leida . . . . „ 20
Circuiti trasmittenti a valvole . . . . „ 21
Domande . . . . „ 22
Risposte . . . . „ 22
La classificazione degli amplificatori . . . . „ 22
Classificazione in base al punto di lavoro . . . . . . „ 22
L'amplificatore in controfase . . . . „ 23
Risposte . . . . „ 24

Compiti . . . . „ 24

C O R S O D I T E C N I C A D E L L E

TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA | **Dispensa N. 16**

RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Nella Dispensa N. 15, dopo esserci nuovamente occupati della *modulazione*, abbiamo visto che, per le radioaudizioni, la trasmissione di una sola frequenza non è sufficiente. Per ottenere una riproduzione discreta della musica, bisogna che la stazione di radiodiffusione emetta una banda intiera d'*AF* della larghezza di 9 kHz; banda che il ricevitore deve poter utilizzare intieramente. Con questi nuovi presupposti sono state esaminate le possibilità d'impiego del circuito oscillante in parallelo, per la separazione delle diverse onde di trasmissione.

Ricorderete che un circuito oscillante con caratteristica di risonanza prominente consente di attuare un'ottima selettività, determinando però, nel contempo, un *timbro eccessivamente cupo e non naturale della riproduzione.*

Il *filtro di banda,* invece, costituisce il circuito d'*AF* la cui caratteristica si avvicina maggiormente alla curva rettangolare ideale. Le nostre brevi osservazioni sulla ripartizione delle onde hanno ribadito meglio la necessità di efficaci mezzi di separazione.

Il capitolo di *Elettrotecnica generale* chiariva alcuni interrogativi riguardanti l'inserzione in serie e in parallelo di batterie e di resistenze. Specialmente importante era il calcolo dei collegamenti misti e, come caso particolare, del *partitore di tensione.*

Nel Capitolo successivo di *Radiotecnica,* è stata esaminata l'applicazione della valvola termoionica come *raddrizzatrice d'AF,* per la demodulazione e la generazione della tensione di controllo. Le differenti possibilità d'inserzione (in serie ed in parallelo) del tratto elettronico raddrizzatore, con la resistenza, furono dimostrate nel caso del diodo. Tuttavia anche i triodi e i pentodi possono essere impiegati per la demodulazione: si usano gli *schemi ad audion* e *a demodulazione anodica.* È stato inoltre chiarito che le condizioni più favorevoli di funzionamento si ottengono, per ciascuno di questi schemi, in un punto di lavoro differente.

Il principio della *reazione* costituisce un'innovazione fondamentale negli schemi della radio. Le norme particolari, da seguire in questo caso, vi sono state illustrate ampiamente.

L'applicazione di questo principio nello *schema di Leithäuser* vi ha mostrato la possibilità di regolare la reazione per mezzo di un condensatore variabile. L'*audion a reazione* costituisce ancor oggi la parte principale di tutti i piccoli ricevitori.

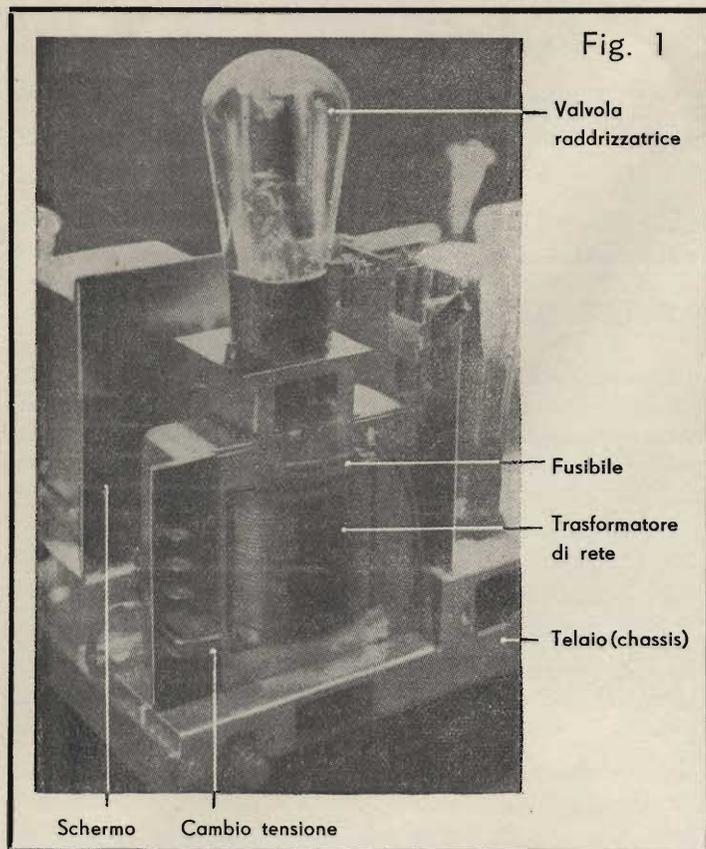
Un'assoluta novità per voi erano le nostre spiegazioni sul *telescrittore Hughes.* La breve descrizione illustrava i punti di vista essenziali per la trasmissione in caratteri di stampa. Avete sicuramente compreso l'esigenza fondamentale del sincronismo e gli effetti delle sue perturbazioni.

Vi abbiamo infine fornito delle spiegazioni più dettagliate sull'alimentazione dei radioricevitori. Sapete ora che non occorre inserire ovunque delle batterie. La rete d'illuminazione, ovunque accessibile, fornisce l'energia necessaria alle valvole per poter funzionare come amplificatrici.

Vi siete accorto che tutte le difficoltà, a poco a poco, vengono eliminate? Siete sicuramente fiero di constatare che le vostre cognizioni hanno ormai assunto un volume abbastanza considerevole.

RADIOTECNICA

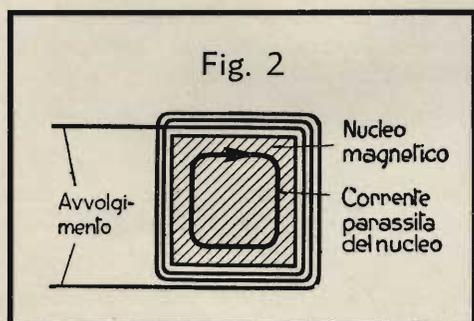
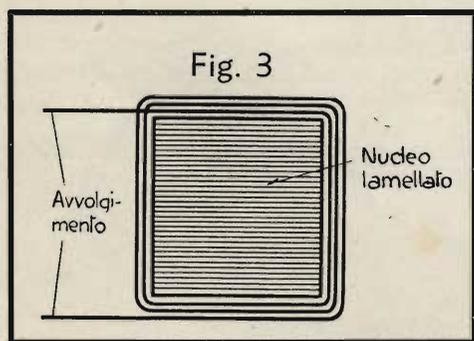
L'ALIMENTAZIONE DEI RADIORICEVITORI

In passato per l'alimentazione degli apparecchi radio si usavano delle *batterie.* Batterie separate servivano per fornire la tensione per la polarizzazione negativa della griglia e la tensione anodica. Ancor oggi esistono *apparecchi alimentati da batterie,* per esempio le *radio portatili da viaggio.* Quando però è a disposizione la rete d'illuminazione, fonte d'energia a buon mercato, le tensioni occorrenti per l'alimentazione delle valvole vengono fornite dall'*alimentatore.* In una radio normale queste tensioni sono: una *tensione continua di circa 250 volt,* per la tensione anodica; una *tensione alternata,* per l'accensione dei filamenti delle valvole, generalmente di 4 oppure 6,3 volt.

Nella fig. 1 sono visibili le parti principali di un *alimentatore* della rete. Riconoscete subito le due più importanti: la *valvola raddrizzatrice* e il *trasformatore d'alimentazione*.

Nella Dispensa N. 13 abbiamo già parlato diffusamente della *valvola raddrizzatrice*. Come sapete, la raddrizzatrice lascia passare la corrente in un solo senso, e precisamente dall'anodo al catodo.

Pur applicando una tensione alternata, si ottiene quindi una corrente continua, la quale non è tuttavia ancora adatta per l'alimentazione delle valvole. *La raddrizzatrice è, generalmente, la valvola più grossa e più calda di un apparecchio radio*, dato che attraverso ad essa deve passare la corrente anodica di tutte le altre valvole. La moderna tecnica elettronica produce però già alcune valvole raddrizzatrici, di potenza relativamente elevata, le cui dimensioni esterne non superano quelle di una normale ricevitrice.

Il trasformatore d'alimentazione

Osserviamo dapprima con maggior attenzione il *trasformatore d'alimentazione*, chiamato anche *trasformatore di rete*. Voi conoscete già il principio di funzionamento di questo dispositivo (v. Dispensa N. 5), tuttavia la descriveremo ancora per sommi capi. Ad ogni variazione dell'intensità di corrente nell'avvolgimento primario, e quindi particolarmente nel caso di una corrente alternata, viene indotta una tensione alternata nell'avvolgimento secondario.

Scegliendo in modo appropriato il rapporto di spire, è possibile trasformare una potenza in corrente alternata d'intensità limitata e di tensione elevata, in un'altra potenza uguale, ma di tensione bassa e di corrente forte, e viceversa. Sapete inoltre che l'impiego di un nucleo di ferro consente un'influenza reciproca tra i due avvolgimenti molto più marcata: in termini tecnici, *si ha una maggiore induttanza mutua*. Usando un nucleo di ferro massiccio, circolerebbero però nell'interno dello stesso, come in un'unica spira in cortocircuito, delle *correnti* cosiddette « *parassite* », chiamate anche « *correnti di Foucault* » (leggi « fucò »), provocando, naturalmente, delle perdite (fig. 2). Quest'effetto indesiderabile si elimina componendo il nucleo, come nella fig. 3, con molti lamierini, isolati tra loro. Si impedisce così la libera circolazione delle correnti parassite nel ferro e le perdite risultano notevolmente ridotte.

Come sapete pure dalla Dispensa N. 5, è preferibile che il nucleo di ferro costituisca, per il flusso magnetico, un circuito ben chiuso. Per i *trasformatori di rete* si impiegano spesso lamierini della forma disegnata nella fig. 4. Mettendo insieme il numero occorrente di lamierini, si ottiene un nucleo (« *pacco* ») delle dimensioni volute.

Gli avvolgimenti sono sistemati attorno al gambo centrale, in modo che i gambi esterni li circondino come una specie di *corazza*. Per tale ragione i trasformatori di questo genere si chiamano « *trasformatori di tipo corazzato* ».

Si noti che l'avvolgimento primario del trasformatore non agisce solo su un unico avvolgimento secondario, ma su vari avvolgimenti, disposti sul medesimo nucleo e previsti per l'erogazione di differenti tensioni. È importante il fatto che si possano avere degli avvolgimenti per le basse tensioni d'accensione dei filamenti (4-6,3 V), come pure di alcune centinaia di volt, per la produzione, previo raddrizzamento, delle tensioni anodiche.

La fig. 5 mostra come si dispongono vari avvolgimenti sul medesimo nucleo, mentre la fig. 6 rappresenta lo *schema del trasformatore d'alimentazione*.

L'*avvolgimento primario*, disegnato a sinistra nella fig. 6, ha *varie prese intermedie*. Applicando, per esempio, 150 volt alla presa di 150 V, si ottengono al *secondario* le medesime tensioni come quando si applicano 220 volt alla presa di 220 V. Anche nella fig. 1 potete rilevare come, col cosiddetto « *cambio tensione* », si possa scegliere la presa adatta ed usare quindi l'apparecchio alle varie tensioni della rete. Prima di inserire un apparecchio radio alimentato *in corrente alternata* occorre, quindi, accertare sempre quale sia il valore della tensione disponibile e portare il *cambio tensione* nella posizione corrispondente.

Come avvenga il raddrizzamento vi è già stato spiegato nella Dispensa N. 13.

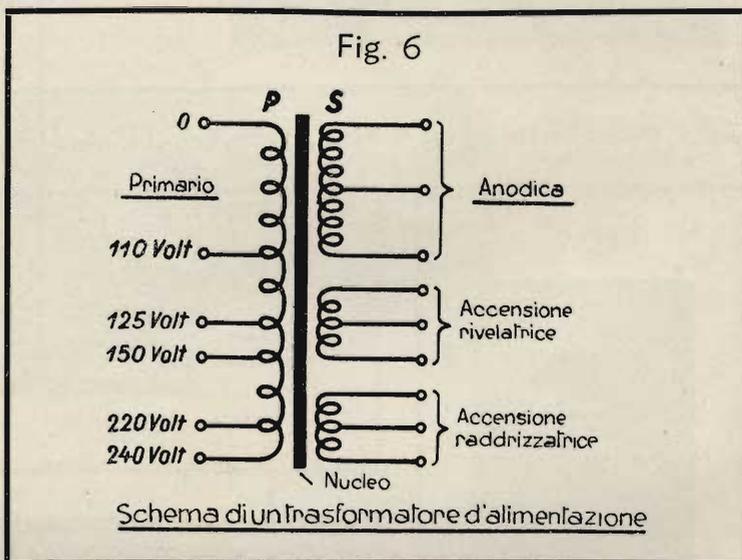
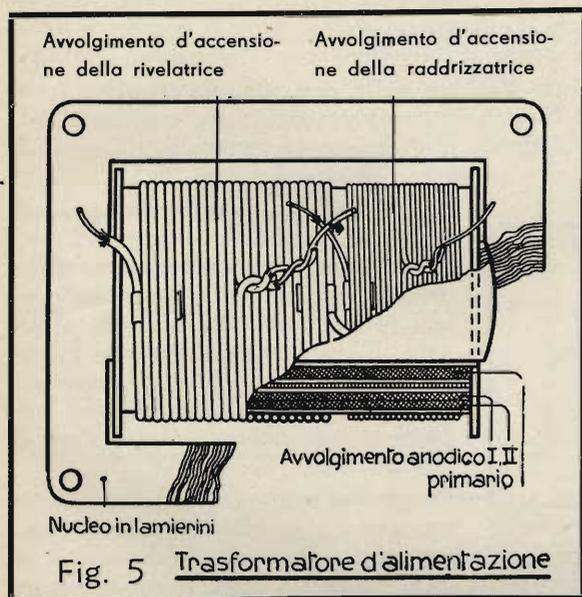
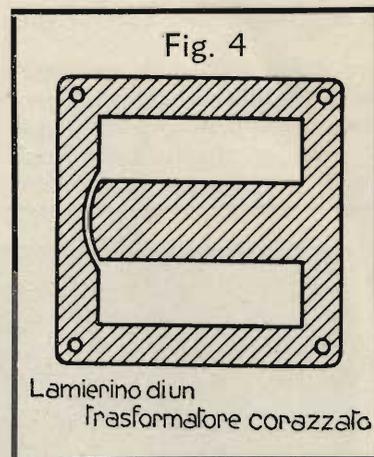
Osservando la fig. 49 della suddetta Dispensa e confrontandola con la fig. 6, constaterete che questo trasformatore è adatto per l'allacciamento di una *valvola raddrizzatrice a due vie*.

Fig. 4

Lamierino di un trasformatore corazzato

Fig. 5 Trasformatore d'alimentazione

Fig. 6

Schema di un trasformatore d'alimentazione

Il filtraggio della corrente continua

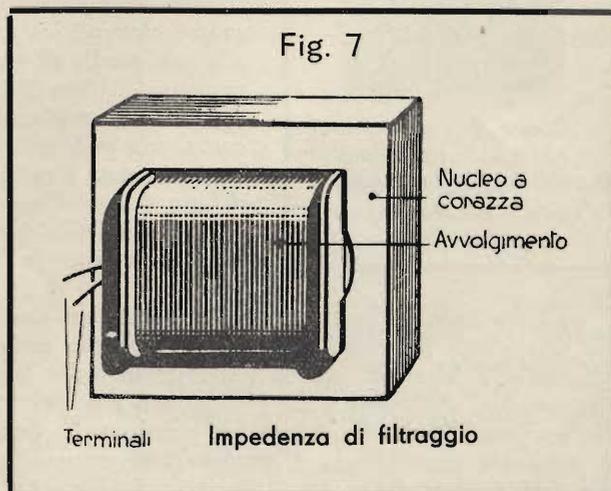
Nonostante l'inserzione del *condensatore di livellamento*, si ottiene ugualmente una *corrente fortemente pulsante*, tanto per il raddrizzamento a una via che per quello a due vie. Se si alimentassero le valvole con questa corrente, si avrebbe nell'altoparlante un ronzio insopportabile. Prima di utilizzare questa corrente, perciò, è necessario filtrarla, in modo da eliminare le pulsazioni e addurre alle valvole una pura *tensione continua*.

La constatazione che la corrente pulsante non è altro che una sovrapposizione di corrente continua e di corrente alternata, ci condurrà alla risoluzione di questo problema.

Per rendere innocua la *corrente alternata*, bisogna o *bloccarla* o *crearle una via facile*, che ne eviti il passaggio attraverso le valvole. La miglior cosa è però di sfruttare entrambe le possibilità.

Il *bloccaggio* della corrente alternata si effettua *con un'impedenza*, di induttanza particolarmente elevata, la quale trattiene la corrente alternata, lasciando invece passare la corrente continua. Per ottenere un'elevata induttanza, si usa anche in questo caso un *nucleo di ferro*. Nella fig. 7 è rappresentata *un'impedenza di filtraggio*. Effettivamente, anche la corrente continua incontra un certo ostacolo nella bobina, in quanto questa possiede una certa *resistenza ohmica*; tuttavia, in confronto alla reattanza induttiva agente sulla corrente alternata, la resistenza del filo è praticamente trascurabile.

Fig. 7

Impedenza di filtraggio

La via facile per la corrente alternata è costituita invece ancora da un *condensatore*. Date le basse frequenze in giuoco, esso deve possedere una *capacità rilevante* (8-10 μF), affinchè la reattanza capacitiva sia sufficientemente piccola.

Il condensatore elettrolitico

Per il filtraggio della corrente continua è particolarmente adatto il *condensatore elettrolitico*. Nella Dispensa N. 7 vi abbiamo spiegato che la capacità di un condensatore è tanto più grande, quanto più estese sono le armature e quanto più esse sono vicine. Il *mezzo* compreso tra le armature, ossia il cosiddetto *dielettrico* esercita inoltre una funzione assai importante.

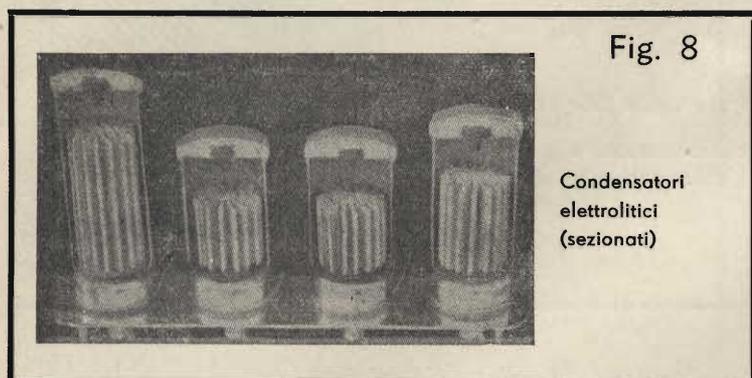



Fig. 8

Condensatori elettrolitici (sezionati)

I *condensatori elettrolitici* sono basati su un *principio costruttivo differente* da quello dei *condensatori a carta*, a voi già noti. La *capacità* è dovuta ad un effetto *elettrochimico*, per cui *su un elettrodo di metallo si forma uno strato dielettrico.*

Ci sono *condensatori elettrolitici umidi* e condensatori elettrolitici semisecchi. Nel *tipo umido*, simile a quelli visibili nelle figg. 8 e 9, *un polo è costituito da un rotolo a spirale di nastro d'alluminio; l'altro polo è costituito dalla custodia a bicchiere con l'elettrolito liquido.* Sotto l'effetto della corrente, l'*elettrolito* (cioè il *liquido interno*) produce sulla superficie dell'elettrodo d'alluminio uno *strato sottilissimo di ossido*. Questo strato, che è isolante, costituisce il *dielettrico*.

Fig. 9

Condensatore elettronico con superficie particolarmente attiva, quindi grande capacità con piccole dimensioni

Fig. 10

Simbolo dei condensatori elettrolitici (polarizzati)

Poichè l'effetto chimico non può esser prodotto che dalla *corrente continua*, i condensatori elettrolitici si possono impiegare soltanto in quei casi in cui, oltre alla tensione alternata, c'è anche una tensione continua. Ne consegue che *i condensatori elettrolitici si possono inserire soltanto con la polarità indicata su di essi.*

Per questa ragione è stato introdotto un *simbolo speciale* (fig. 10). Contrapponendo due condensatori elettrolitici, contenuti nella medesima custodia, si può ottenere un *condensatore senza polarità*, ma, in questo caso, il condensatore di polarità sbagliata rimane cortocircuitato ed è pertanto efficace solo l'altro.

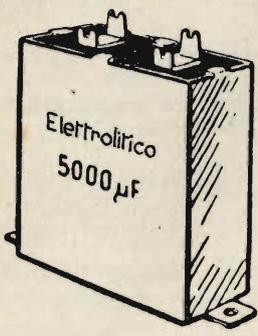
Usando dei condensatori elettrolitici, bisogna badare sempre alla giusta polarità.

Come sapete, la capacità di un condensatore dipende dalla distanza delle armature. In quelli elettrolitici, le armature sono vicinissime, essendo separate unicamente dal sottilissimo strato isolante d'ossido di alluminio. Si possono perciò realizzare delle *capacità elevatissime in pochissimo spazio*. Per esempio, il *condensatore elettrolitico* rappresentato nella fig. 11, di dimensioni solo lievemente maggiori di quelle di un normale condensatore parallelepipedo a carta, raggiunge la capacità di ben 5000 μF. Se un'improvvisa sovratensione perfora la pellicola d'ossido, il condensatore non diventa inservibile, come i normali *condensatori a carta*, ma può esser rimesso in esercizio, non appena la tensione normale è stata ripristinata e nel punto di perforazione si è formato nuovamente dell'ossido. Un *difetto* dei condensatori elettrolitici è sito nell'*impossibilità di chiudere ermeticamente il recipiente dell'elettrolito*. I *condensatori a umido* devono esser perciò montati sempre in piedi, poichè altrimenti il liquido, col tempo, uscirebbe.

Il *tipo semisecco* è costituito in un modo un po' differente. Esso è fatto con *due fogli di alluminio, arrotolati con uno strato intermedio di carta assorbente imbevuta di elettrolito*. Nel montaggio dei *condensatori semisecchi* non si è legati da alcuna prescrizione sulla loro posizione. Le figure 11-14 mostrano diverse forme di tali condensatori elettrolitici. Si distinguono *tipi per alta* e *per bassa tensione*. I *tipi per alta tensione* sono adatti per tensioni d'esercizio fino a un massimo di *circa 500 volt*. La loro *capacità* è invece *limitata*, raggiungendo, al massimo, circa 16 μF. I condensatori elettrolitici *per bassa tensione* possono invece raggiungere dei *valori altissimi di capacità*.

Abbiamo considerato così tutte le parti occorrenti per fare un raddrizzatore con relativo filtro di livellamento.

Lo schema di un *raddrizzatore a una via* è riportato nella fig. 15. Il condensatore da 5000 pF allacciato all'avvolgimento del trasformatore serve a cortocircuitare eventuali correnti ad *AF*, disturbatrici, provenienti dalla rete.

Fig. 11

Condensatore elettrolitico a bassa tensione

Elettrolito semisecco

Massima capacità: 5000 µF e 25 volt.
Lavoro: 1500 µF a 90 volt.

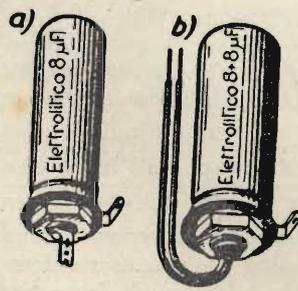
Fig. 12

Condensatori elettrolitici per alta tensione
Polo negativo a massa/elettrolito semisecco;
fino a 16 µF, massima tensione di lavoro 550 volt

Fig. 13

Condensatore elettrolitico per alta tensione

Custodia isolante
Elettrolito semisecco
4 µF tensione di lavoro fino a 500 volt

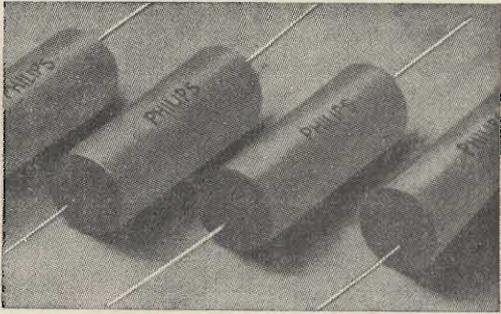
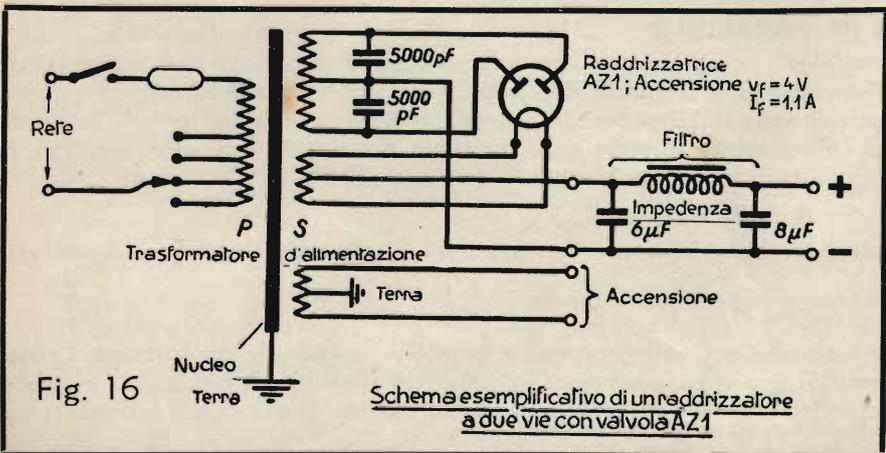
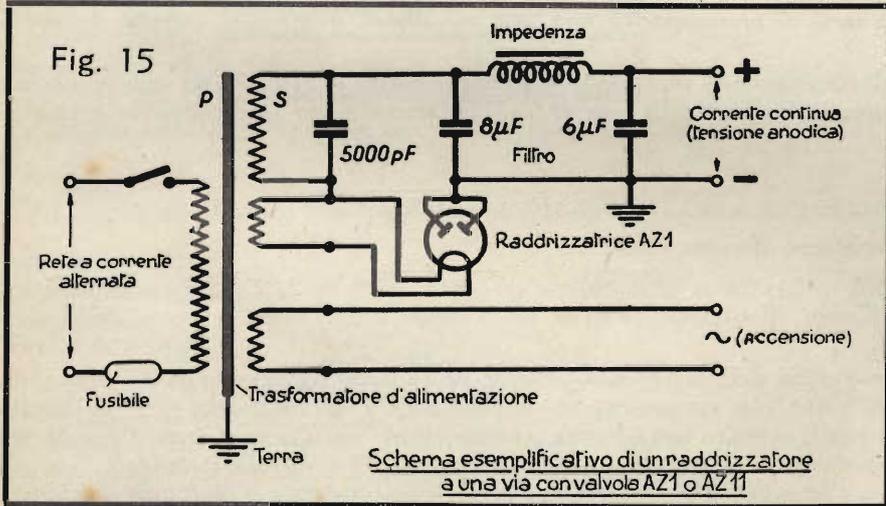
Fig. 14

Piccoli condensatori elettrolitici per bassa tensione, da 25 e 12 µF alla tensione di lavoro di 12, risp. 25 volt

Fig. 15

Schema esemplificativo di un raddrizzatore a una via con valvola AZ1 o AZ11

Fig. 16

Schema esemplificativo di un raddrizzatore a due vie con valvola AZ1

Gli stessi elementi costitutivi si ritrovano nello *schema a due vie* della fig. 16, che osserveremo un po' più attentamente. Il lato primario del trasformatore è allacciato alla rete attraverso l'interruttore e il fusibile. Al secondario, abbiamo un avvolgimento con presa centrale per la tensione anodica. La *presa centrale* costituisce il *polo negativo* dell'alimentatore.

La valvola raddrizzatrice a due vie è a riscaldamento diretto; la *presa centrale dell'avvolgimento d'accensione* costituisce il *polo positivo* dell'alimentatore. Tra i due poli è inserito un condensatore da 6 µF e poi il *filtro di livellamento*, il cui funzionamento può essere spiegato molto semplicemente come quello di un partitore di tensione.

L'*impedenza* ed il *condensatore* da 8 µF costituiscono infatti un *partitore*. Calcoliamo, per esempio, come viene ripartita la tensione con un'induttanza di 20 H ed una capacità di 6 µF.

Nel caso del *raddrizzamento a due vie*, la *frequenza* della corrente alternata va considerata *doppia di quella di rete*; quindi, nel caso di una frequenza di rete di 50 Hz, consideriamo una corrente alternata di 100 Hz.

La *reattanza induttiva* diventa pertanto: $R_{ind} = 2\pi \,.\, f \,.\, L = 2\pi \,.\, 100 \,.\, 20 = 12\,560$ *ohm*

La *reattanza capacitiva* è: $R_{cap} = \frac{1}{2\pi \,.\, f \,.\, C} = \frac{1}{2\pi \,.\, 100 \,.\, 6 \,.\, 10^{-6}} = \frac{10^6}{1000 \,.\, 1{,}2 \,.\, \pi} = \frac{1000}{1{,}2\,\pi} = 265$ *ohm*

Dalle spiegazioni contenute nella Dispensa precedente in merito al partitore di tensione, ci rammentiamo che il rapporto delle tensioni è uguale al rapporto delle resistenze.

Nel nostro filtro abbiamo quindi la seguente relazione:

$$\frac{\text{Tensione alternata ai capi dell'impedenza}}{\text{Tensione alternata ai capi del condensatore}} = \frac{12\,560}{265} = \frac{47{,}5}{1}$$

Da ciò si vede che, dopo il secondo condensatore, rimane soltanto una piccola parte della tensione alternata, talmente minima da non poter causare alcun disturbo. A rigore, il nostro calcolo non è che approssimativo, non tenendo conto delle relazioni di fase; tuttavia il risultato è praticamente esatto.

La *corrente continua fortemente pulsante*, erogata dal raddrizzatore, viene così *livellata* dal filtro, fino a diventare una *corrente continua praticamente perfetta*, che si può addurre senza difficoltà alle valvole. L'alimentazione data dalla rete ci libera dalle fastidiose batterie e costituisce un altro fondamento dei moderni apparecchi radio.

Domande

1. Quali parti occorrono per produrre la corrente continua anodica, prelevando l'energia dalla rete a corrente alternata?
2. Quali avvolgimenti si trovano sul trasformatore d'alimentazione?
3. Perchè con i condensatori elettrolitici è possibile ottenere delle capacità assai elevate?
4. Perchè i condensatori elettrolitici vanno allacciati alla corrente continua con una determinata polarità?
5. Qual è il compito del filtro di livellamento?

ELETTROTECNICA GENERALE

L'IMPEDENZA NEI COLLEGAMENTI IN SERIE

Nella Dispensa N. 13 vi abbiamo spiegato che cosa sia l'*impedenza*. Come esempio abbiamo considerato il collegamento *in serie* di una bobina d'impedenza, ossia di un'induttanza, con una resistenza ohmica. Capirete senz'altro facilmente che *il collegamento in serie di una capacità con una resistenza ohmica si calcola in modo analogo.*

Per esercizio calcoliamo l'*impedenza della connessione in serie di un condensatore da 16 μF con una resistenza di 200 ohm*, supponendo di avere la normale frequenza di rete di 50 Hz. Determiniamo dapprima la *reattanza capacitiva* in base alla formula (29):

$$R_{cap} = \frac{1}{2\,\pi \,.\, f \,.\, C} = \frac{1}{2 \,.\, 3{,}14 \,.\, 50 \,.\, 16 \,.\, 10^{-6}} = \frac{1}{3{,}14 \,.\, 16 \,.\, 100 \,.\, 10^{-6}} = \frac{1}{50{,}24 \,.\, 10^{-4}} = \frac{10^4}{50{,}24} = 199 \text{ ohm.}$$

Conformemente alla formula (48), l'*impedenza* diventa allora:

Impedenza $= \sqrt{199^2 + 200^2} = \sqrt{39\,601 + 40\,000} = \sqrt{79\,601} = \sqrt{7{,}9601 \,.\, 10^4} = 2{,}82 \,.\, 10^2 = 282$ *ohm*

L'*impedenza complessiva* equivale a *282 ohm.* Il calcollo procede nello stesso modo come nel caso dell'induttanza, considerato nella Dispensa N. 13.

Vi ricorderete che, nella determinazione grafica dell'impedenza, si tiene conto dello sfasamento di 90° provocato dalla reattanza, disegnando i segmenti di retta, che rappresentano le resistenze e le reattanze, con un angolo di 90° tra loro. L'angolo di fase φ valido per il circuito considerato, risulta allora nel disegno come l'angolo tra la resistenza attiva e l'impedenza. L'*impedenza* è rappresentata dall'*ipotenusa del triangolo rettangolo.* Da ciò si deduce che, *nel collegamento in serie, l'impedenza è sempre maggiore della resistenza o reattanza di ciascun componente.*

L'IMPEDENZA NEI COLLEGAMENTI IN PARALLELO

Che cosa avviene nel collegamento *in parallelo* di una resistenza con una reattanza? In questo caso la questione pare già più complicata. Però sappiamo una cosa: che il *valore dell'impedenza* sarà certamente *inferiore* al *valore della resistenza* e *della reattanza*; consultando le Dispense precedenti, troveremo poi facilmente la giusta strada. Facciamo quindi un paragone col collegamento in serie e in parallelo delle *resistenze ohmiche.* Per la connessione *in serie*, per esempio di tre resistenze, abbiamo trovato la formula (12-b):

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

Nella connessione *in parallelo* di tre resistenze, preferiamo invece usare i valori di conduttanza, per i quali vale la formula (11):

$$G = G_1 + G_2 + G_3$$

Le due formule sono uguali nella forma, solo che nel collegamento in parallelo si usano le *conduttanze.* Questa constatazione vale anche per le altre formule: per il collegamento in parallelo possiamo infatti usare le medesime formule usate per il collegamento in serie, sostituendo i valori di resistenza con quelli di conduttanza.

L'AMMETTENZA

Volendo applicare questa gradita possibilità anche al calcolo dell'impedenza, dobbiamo conoscere dapprima le denominazioni giuste dei valori di significato conduttivo. La resistenza ohmica pura è già stata definita in passato « *resistenza attiva* » (R_{att}). Il corrispondente valore conduttivo, che non è altro che il valore reciproco della resistenza, si chiama « *conduttanza* », e più precisamente, « *conduttanza attiva* » (G_{att}). Abbiamo quindi: $G_{att} = \frac{1}{R_{att}}$. Il reciproco della reattanza è la « *conduttanza reattiva* », denominata « *suscettanza* ». La *suscettanza capacitiva* è pertanto:

$$G_{cap} = \frac{1}{R_{cap}} = \frac{1}{\frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}} = 2\pi \cdot f \cdot C \text{ [siemens]}.$$

La *suscettanza induttiva* si calcola analogamente come segue:

$$G_{ind} = \frac{1}{R_{ind}} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot L} \text{ [siemens]}.$$

Rammentiamo a questo proposito, che il *siemens* è l'*unità di misura della conduttanza* ed equivale al *reciproco dell'ohm.*

Qual è ora il *valore conduttivo corrispondente all'impedenza* o resistenza apparente? Esso è chiamato « *conduttanza apparente* » o, meglio, « *ammettenza* ». Abbiamo quindi:

$$Ammettenza = \frac{1}{Impedenza}$$

Prima di chiarire meglio, con un esempio, questi concetti, vogliamo continuare ancora il nostro paragone. I nostri ragionamenti portano a concludere che la fig. 19 della Dispensa N. 13 può essere impiegata nello stesso modo anche per i valori conduttivi nel collegamento in parallelo.

Nella fig. 17 il valore dell'ammettenza di un collegamento in parallelo è determinato allo stesso modo, per mezzo di una semplice costruzione geometrica. Come per la formula (48) della Dispensa N. 13, nel caso del *collegamento in parallelo* si può scrivere:

Per l'*induttanza*: $Ammettenza = \sqrt{G_{att}^2 + G_{ind}^2}$ Formula (58-a)

Per la *capacità*: $Ammettenza = \sqrt{G_{att}^2 + G_{cap}^2}$ Formula (58-b)

Calcoliamo subito un esempio con l'aiuto di questa formula.

Problema:

Qual è l'ammettenza di una combinazione audion composta da 1 MΩ e 100 pF, per $f = 3$ kHz?

Soluzione:

La *suscettanza* è: $G_{cap} = 2\pi \cdot f \cdot C = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-12} = 18{,}84 \cdot 10^{-7} = 1{,}884 \cdot 10^{-6}$

Analogamente è: $G_{att} = \frac{1}{R_{att}} = \frac{1}{10^6} = 10^{-6}$.

Di conseguenza si ottiene: $Ammettenza = \sqrt{G_{att}^2 + G_{cap}^2} = \sqrt{(1{,}884 \cdot 10^{-6})^2 + (10^{-6})^2} =$
$= \sqrt{3{,}55 \cdot 10^{-12} + 1 \cdot 10^{-12}} = \sqrt{10^{-12}(3{,}55 + 1)} = \sqrt{10^{-12} \cdot 4{,}55}$

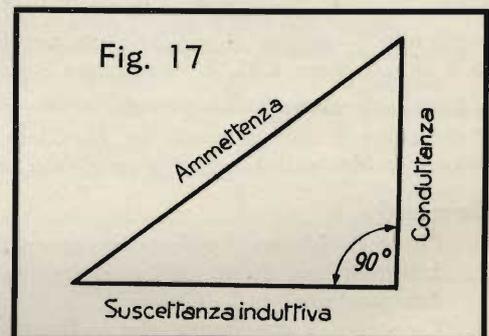
$Ammettenza = 2{,}13 \cdot 10^{-6}$ [siemens].

Tenendo conto che l'impedenza è il reciproco dell'ammettenza, otteniamo: $Impedenza = \frac{1}{10^{-6} \cdot 2{,}13} =$ $= \frac{10^6}{2{,}13}$ $4{,}69 \cdot 10^5$ [*ohm*].

Naturalmente i *valori conduttivi* si possono anche esprimere, nella formula (58), per mezzo dei *valori resistivi* ed abbiamo così:

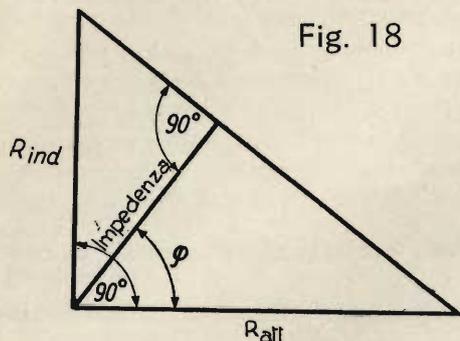
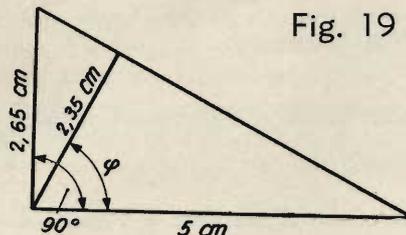
Ammettenza nel collegamento in parallelo: $\frac{1}{Impedenza} = \sqrt{\frac{1}{R_{att}^2} + \frac{1}{R_{ind}^2}}$, oppure:

$$\frac{1}{Impedenza} = \sqrt{\frac{1}{R_{att}^2} + \frac{1}{R_{cap}^2}}$$

Impedenza nel collegamento in parallelo: $Impedenza = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{R_{att}^2} + \frac{1}{R_{ind}^2}}}$ Formula (59-a)

Analogamente, avendo una *capacità*:

$$\text{Impedenza} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{R_{att}^2} + \frac{1}{R_{cap}^2}}}$$

Formula (59-b)

Per determinare graficamente l'impedenza di un collegamento in parallelo, esiste un sistema elegante, rappresentato nella fig. 18.

Si riportano i *valori della resistenza e della reattanza* con un angolo di 90° tra loro, si traccia l'*ipotenusa* del triangolo rettangolo e si costruisce la *perpendicolare all'ipotenusa*, partendo dal vertice dell'angolo retto. Il tratto che ne risulta, costituente l'*altezza* del *triangolo rettangolo*, rappresenta il *valore dell'impedenza cercata*. Rileverete subito che la lunghezza di questo tratto è inferiore a quella del lato minore; nel caso considerato, di R_{ind}. Questo metodo grafico consente di determinare anche l'angolo di fase φ, contenuto *tra la resistenza attiva e l'impedenza.*

Consideriamo ancora l'esempio di prima.

Dati $R_{cap} = \frac{1}{G_{cap}} = \frac{1}{1{,}884 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{1{,}884} = 5{,}3 \cdot 10^5$ e $R_{att} = 10^6$, fissiamo la scala di 1 cm per $2 \cdot 10^5$ ohm, ottenendo 5 cm per R_{att} e 2,65 cm per R_{cap}. Costruendo il triangolo come sopra (fig. 19), rileviamo che l'altezza è uguale a cm 2,35. L'*impedenza* è quindi $2{,}35 \cdot 2 \cdot 10^5$ ohm $= 4{,}7 \cdot 10^5$ *ohm*.

L'angolo di fase risulta $\varphi = 62°$.

Conosciuto il collegamento in parallelo di resistenze e reattanze, abbiamo completato le nostre cognizioni sulla tecnica dei collegamenti e possiamo cavarcela in tutti i casi della pratica.

Domande

1. Come si chiama il valore reciproco dell'impedenza?
2. L'impedenza di un collegamento in parallelo è maggiore o minore della reattanza e della resistenza che lo compongono?
3. Calcolate l'impedenza del collegamento in parallelo di una bobina da 5 H con una resistenza di 3000 ohm, alla frequenza di 50 Hz.

Risposte alle domande di pag. 6

1. Per produrre la corrente continua adatta all'alimentazione dei circuiti anodici, prelevandola dalla rete a corrente alternata, occorrono: un trasformatore d'alimentazione, una valvola raddrizzatrice, un primo condensatore di livellamento, un'impedenza di filtraggio e un condensatore di filtraggio.
2. Il trasformatore d'alimentazione possiede un avvolgimento a presa intermedia per la tensione anodica (2 . 250 V), un avvolgimento d'accensione per la valvola raddrizzatrice e un avvolgimento d'accensione per le valvole amplificatrici (4 e 6,3 V).
3. La capacità dipende dalla superficie delle armature, dalla costante dielettrica e dalla distanza delle armature. Nei condensatori elettrolitici, questa distanza è minima, essendo costituita dal sottilissimo strato isolante, che si forma durante il procedimento di *formazione* del condensatore. Dato il minimo spessore, la capacità risulta di valore elevato.
4. I condensatori elettrolitici si possono usare soltanto, se applicati ad una tensione continua, perchè, per la conservazione del leggero strato dielettrico, è necessario che passi costantemente una piccola corrente continua.
5. La tensione applicata al primo condensatore di livellamento è fortemente pulsante. Le pulsazioni, le quali non sono altro che tensioni alternate sovrapposte alla continua, vengono trattenute dall'impedenza del filtro, in modo da non poter penetrare nel circuito anodico. Il secondo condensatore del filtro rappresenta inoltre una via molto più facile per le correnti alternate, le quali evitano così di attraversare le valvole. A questo modo nel circuito anodico delle valvole allacciate all'alimentatore si ottiene una corrente continua praticamente pura.

RADIOTECNICA

LA DESIGNAZIONE DELLE VALVOLE TERMOIONICHE

Nelle precedenti Dispense avete acquistato delle rispettabili cognizioni sulle *valvole termoioniche*. Conoscete le

differenti forme e le applicazioni delle valvole. Parlando delle caratteristiche della valvola AC2, vi abbiamo promesso che vi avremmo spiegato meglio il significato di questa sigla. È quello che vogliamo appunto fare ora.

Agli inizi dello sviluppo delle valvole, ogni fabbrica usava delle sigle differenti per designare i propri modelli. Era naturalmente difficile orientarsi tra i vari tipi. Non staremo a indicarvi queste vecchie designazioni e vi spiegheremo invece subito la *chiave*, usata essenzialmente nell'Europa Occidentale per la designazione delle valvole.

Una quindicina d'anni fa, le principali fabbriche di valvole termoioniche del Continente europeo, « Telefunken » e « Philips », rispettivamente « Philips-Valvo », si accordarono per designare le loro valvole secondo uno schema unico. Immaginerete senz'altro che cosa possa essere designato in modo uniforme nelle valvole. Innanzitutto, naturalmente, le *proprietà elettriche*. La *prima specifica* riguarda l'*accensione* della valvola, che viene effettivamente ritenuta quasi più importante di quella del *tipo* vero e proprio. Merita inoltre attenzione la *zoccolatura*, importante soprattutto per il rivenditore. Infine si contraddistinguono i *differenti modelli* del medesimo sistema e anche il *tipo costruttivo*.

Per ottenere una classificazione chiara, sono state introdotte *sigle letterali e numeriche*. Per le *valvole semplici*, cioè con *un solo sistema elettronico*, si usano *due lettere seguite da un numero a una o due cifre*. Le *valvole multiple*, ossia quelle che contengono *vari sistemi elettronici* nel medesimo bulbo, sono contraddistinte con *tre lettere*.

Volendo creare una designazione internazionale, non furono introdotte abbreviazioni di sorta, ma si adottarono le lettere dell'alfabeto, cui furono assegnati differenti significati, seguendo l'ordine alfabetico. Per questa ragione è necessario conoscere la *chiave*, che permetta di interpretare le sigle.

La prima lettera della sigla

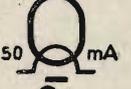
La *prima lettera* della sigla indica, come abbiamo già accennato, l'*accensione* della valvola (Tabella N. 12). Ciò serve anche a dare un'importante indicazione sull'uso della valvola in un determinato tipo di ricevitore. Se ne deduce infatti se una valvola è adatta per l'alimentazione in corrente alternata, o continua, oppure se va alimentata preferibilmente con batterie. Contemporaneamente è indicata, in modo inequivocabile, la *tensione d'accensione*, oppure, per le valvole da inserire con i filamenti in serie, la *corrente d'accensione*.

A. La lettera A all'inizio della sigla, come nella valvola AC2, da noi già ripetutamente citata significa che tale valvola va alimentata con *tensione alternata di 4 V*. I filamenti di più valvole di questa serie «A» si possono collegare *in parallelo*, come risulta dalla fig. 20. Questa serie di valvole è prevista esclusivamente per l'uso in ricevitori dotati dell'alimentatore per alimentazione dalla rete.

Appartengono alla serie « A » tanto *valvole a riscaldamento indiretto*

Tabella N. 12

Significato della prima lettera della sigla delle valvole

Lettera	Accensione		Impiego	Osservazioni
A..	4 volt corr. alt.	4 Volt ~	Apparecchi alimentati dalla rete a corr. alt.	Filamenti in parallelo.
B..	180 mA corr. cont.	180 mA	Apparecchi alimentati dalla rete a corr. cont.	Sostituite dalle valvole della serie C.
C..	200 mA. corr cont. o alt.	200 mA ≂	Apparecchi universali (rete a c.a. e a c.c.) in parte anche autoradio (alimentate dalla batteria d'avviamento a 13 V).	Filamenti in serie (per autoradio in parallelo).
D..	Batteria 1,4 V	1,4 Volt	Apparecchi a batteria.	Filamenti in parallelo.
E..	6,3 V c.c. o c.a., anche batteria	6,3 Volt ≂	Apparecchi universali (rete a c.a. e a c.c.) autoradio (batteria da 6 e da 12 V).	Serie armonica o per auto (valvole d'acciaio, zoccolo a 8 piedini, accensione in parallelo, in parte anche in serie).
F..	Batteria auto 13 V	13 Volt	Autoradio (batteria d'avviamento 13 V).	Esiste una sola valvola raddrizzatrice. Serie superata dalle valvole della serie C.
K..	Batteria 2 V	2 Volt	Ricevitori a batteria.	Filamenti in parallelo.
U..	100 mA c.c. o c.a.	100 mA ≂	Apparecchi universali soprattutto piccoli ricevitori a basso consumo.	Valvole a basso consumo. Filamenti in serie.
V..	50 mA c.c. o c.a.	50 mA ≂	Apparecchi universali, ricevitori a basso consumo.	Valvole a basso consumo. Filamenti in serie e in parallelo.

che altre a *riscaldamento diretto*.

B. Le valvole della serie « B » erano previste per l'esercizio esclusivo nelle reti a corrente continua. Oggi non sono però quasi più usate, perchè la fabbricazione degli apparecchi adatti solo nelle reti a corrente continua è stata abbandonata. Essi sono stati soppiantati dagli apparecchi *universali*, che si possono alimentare tanto dalle reti a corrente continua che da quelle a corrente alternata.

Di conseguenza le valvole della serie « B », che erano adatte per l'inserzione in serie dei filamenti con una corrente d'accensione di 180 mA, sono state sostituite dalle valvole « C ».

C. Questo C, che contraddistingue le valvole con 200 mA d'accensione, deve però trovarsi *all'inizio della sigla*. Come vedete, il C al secondo posto, come nella sigla AC2, non ha nulla a che vedere con l'accensione. Le valvole « C », con filamenti allacciati in serie, possono essere impiegate tanto nelle reti a corrente continua quanto in quelle a corrente alternata.

La fig. 21 mostra come vengono inseriti i filamenti.

D. La lettera D, non usata in un primo tempo, è stata poi scelta per designare una serie di *valvole per batteria con potenza d'accensione particolarmente ridotta*. I filamenti sono previsti per l'alimentazione con *batterie a secco*, e perciò la tensione d'accensione, richiesta dai filamenti da inserire in parallelo, è uguale a 1,4 V.

E. La serie di gran lunga più importante nell'Europa Occidentale è costituita dalle valvole « E ». Sono costruite tutte per una tensione d'accensione di 6,3 V e previste per essere allacciate *in parallelo* alla tensione alternata di 6,3 V, oppure alla *batteria d'automobile* da 6,3 V. Hanno però una particolarità. I *tipi a bassa corrente anodica* si possono usare anche *con collegamento in serie dei filamenti* e *alimentazione tanto in corrente continua che alternata*. Servono quindi nei *ricevitori universali* e richiedono, come le valvole della serie « C », una corrente d'accensione di 200 mA. È quindi possibile usare le valvole « E » insieme alle valvole « C ». Data questa possibilità e dato il buon accordo dei vari tipi tra loro, la serie « E » viene chiamata « *serie armonica* ». Principali rappresentanti di questa serie sono le *valvole europee d'acciaio* e le *valvole rosse* della Philips.

F. Nella serie « F » non c'è più che una valvola, una raddrizzatrice; gli altri tipi sono sorpassati.

K. Un'altra serie di *valvole per batteria* sono le valvole « K ». A differenza dalle valvole « D », esse sono previste per la tensione d'accensione di 2 V. Come sorgente di corrente d'accensione è previsto pertanto un accumulatore da 2 V. Poichè queste valvole da batteria sono state studiate anch'esse per un consumo ridotto, si possono alimentare anche con *batterie a secco* da 2 V.

U. Ci sono ancora due gruppi, sviluppati per l'uso negli apparecchi universali. Soprattutto nei piccoli ricevitori universali a 3 o 4 valvole, previsti per l'allacciamento alla rete da 220 V, si manifestava la necessità di distruggere una parte rilevante della tensione in una *resistenza addizionale* (fig. 22). Nelle valvole della serie « U » la corrente d'accensione venne pertanto ridotta a 100 mA. Fu possibile così aumentare la tensione d'accensione delle singole valvole, in modo da non dover più abbassare molto la tensione nella resistenza addizionale. Per questa ragione, queste valvole sono dette valvole « *a consumo ridotto* ».

V. Con la serie « V » si ottenne un'ulteriore diminuzione della corrente d'accensione. La riduzione fino a 50 mA permise per esempio di allacciare *due soli filamenti collegati in serie* direttamente alla rete da 110 V. Usando parecchie valvole, si possono combinare dei gruppi, in modo da arrivare a una tensione complessiva di 110 oppure 220 V. Questi gruppi si possono, a loro volta, allacciare *in parallelo*.

La Tabella N. 12 riporta in forma riassuntiva tutti questi dati.

La seconda lettera della sigla

Le lettere che si trovano al secondo posto della sigla designano la *struttura del sistema elettronico* nell'interno della valvola.

.A La lettera « .A » significa qui un *semplice diodo raddrizzatore d'AF*, quindi *per la produzione della tensione di controllo* o *per la demodulazione*. Il diodo semplice viene fabbricato soltanto unito con altri sistemi nella medesima valvola.

.B *Doppio diodo* (due diodi riuniti in un unico bulbo).

Seguono poi in fila le *valvole dotate di griglie.*

.C I semplici *triodi amplificatori per AF e BF* sono designati con .C.

.D Il *triodo di potenza* usato come valvola d'altoparlante, occupa un posto speciale ed è contrassegnato dalla lettera .D.

.E La .E designa un *tetrodo,* ossia una *valvola con griglia schermo, per la semplice amplificazione d'AF e BF.* Anche questo sistema si trova sempre con altri, in un unico bulbo.

.F L'importantissimo *pentodo,* usato nell'amplificazione d'*AF* e di *BF,* è contrassegnato dalla lettera .F, anche nel caso che si tratti di un cosiddetto « *pentodo di controllo* », di cui parleremo ancora.

.H La lettera .H viene usata tanto per gli *esodi (valvole a 6 elettrodi),* che per gli *éptodi (valvole a 7 elettrodi).* Si tratta di valvole che non conoscete ancora; naturalmente vi daremo tutte le spiegazioni anche su di queste.

.K La medesima osservazione vale anche per gli *óttodi, valvole a 8 elettrodi,* cui è assegnata la lettera .K . Nella trattazione del *ricevitore a supereteródina,* vi spiegheremo che cosa sia la *funzione di mescolamento* e quale sia lo scopo delle *valvole amplificatrici mescolatrici.*

.L Il *pentodo finale,* la *valvola a 5 elettrodi per altoparlante,* è contraddistinta dalla .L. Nei sistemi doppi, in luogo di quello a 5 elettrodi, si usa però spesso il *sistema a 4 elettrodi,* tralasciando la griglia di soppressione (freno), in funzione di *valvola finale o di potenza.* In questo caso la lettera .L serve anche per designare il *tetrodo finale.*

Tabella N. 13

Significato della seconda e terza lettera della sigla delle valvole

Lettera	Specifica	Impiego	Tipi più usati
.A.	*Diodo,* solo nelle valvole multiple	Demodulazione d'AF, tensione di controllo.	UAF 41
.B.	*Doppio diodo*	Demodulazione d'AF, tensione di controllo.	AB2 CB2 EB11 KB2
.C.	*Triodo* (valvola monogriglia)	Amplificazione BF. Demodulazione con amplificazione BF. Generazione d'oscillazioni.	ABC1 CBC1 EBC11 KBC1 AC2 CC2 KC1 KC3 VC1
.D.	*Triodo finale*	Amplificazione finale (valvola d'altoparlante).	AD1 KDD1 EDD11
.E.	*Tetrodo* Valvola a griglia-schermo senza soppressore	Amplificazione AF e BF.	VEL 11
.F.	*Pentodo AF* *Pentodo di controllo*	Amplificazione AF e BF. Demodulazione con amplificazione BF. Amplificazione AF regolabile (con raddrizzamento a diodo).	AF7 CF7 KF4 EF12 VF7 AF3 CF3 KF3 EF11 EF13 (EBF13)
.H.	*Esodo di controllo* *Esodo mescolatore* (valvola a 4 griglie) *Eptodo*	Amplificazione AF regolabile. Amplificazione e mescolamento regolabili (con generazione d'oscillazioni). Eptodo di controllo e di mescolamento.	AH1 CH1 ACH1 ECH11 (AH1 + AC2) (CH1 + CC2) ECH4 UCH4 ECH21
.K.	*Ottodo* (valvola a 6 griglie)	Amplificazione e mescolamento regolabili con generazione d'oscillazioni.	AK2 CK1 KK2
.L.	*Pentodo finale* anche tetrodo finale	Amplificazione finale (valvola d'altoparlante).	AL1 AL4 AL5 CL4 EL11 EL12 KL1 KL2 VL1 VL4 VCL11
.M.	*Indicatore di sintonia* (sistema indicatore e triodo o pentodo)	Indicazione di sintonia e amplificazione BF.	AM2 C/EM2 EFM11
.Y.	*Raddrizzatrice a una via* (1 sistema raddrizzatore o 2 sistemi con catodi separati)	Raddrizzamento della tensione alternata di rete (valvola speciale per apparecchi universali).	CY1 CY2 VY1 VY2
.Z.	*Raddrizzatrice a due vie* (2 sistemi raddrizzatori con catodo comune).	Raddrizzamento della tensione alternata di rete.	AZ1 AZ11 AZ12 EZ11 EZ12

Abbiamo terminato così l'elenco delle *valvole amplificatrici* propriamente dette; seguono alcune *valvole ausiliarie.*

.M La lettera .M designa l'*occhio magico,* ossia la *valvola indicatrice di sintonia.* Conoscete sicuramente questa valvola, che si trova nei buoni apparecchi radio, la quale con i suoi angoli verdi indica se il ricevitore è messo esattamente a punto sulla stazione scelta.

Le ultime lettere dell'alfabeto sono riservate alle *valvole raddrizzatrici d'alimentazione.*

.Y La lettera .Y contraddistingue le *raddrizzatrici a una via* mentre la

.Z designa le *raddrizzatrici a due vie.*

La Tabella N. 13 riporta di nuovo un riassunto con cenni sull'impiego delle valvole e citazione di esempi. Quando la sigla è composta di *tre lettere,* vuol dire che ci sono *due sistemi nello stesso bulbo.* La sigla completa di ogni valvola comprende inoltre un *numero a una o due cifre.*

I numeri nelle sigle delle valvole

Per questi numeri non è stato messo in pratica un sistema ben definito, dato che esistono parecchie eccezioni. Tuttavia non vogliamo tralasciare di spiegarvi la base di questa classificazione.

Se le lettere sono seguite da *una sola cifra,* si tratta di una *valvola con zoccolo a contatti laterali,* come quello rappresentato nella fig. 15 della Dispensa N. 12.

Una delle poche eccezioni è la *valvola* ACH1, dotata di uno *zoccolo a piedini di vecchio tipo.*

Quando le lettere sono seguite da un *numero a 2 cifre che incomincia per 1,* come 11, 12, 13, ecc., si tratta di *valvole dotate di zoccolo a otto poli* per *valvole d'acciaio* (Dispensa N. 12, fig. 16).

Un *numero a due cifre, incominciante col* 2, denota una *valvola di tutto vetro con zoccolo Loctal* (Dispensa N. 12, fig. 17).

Particolarmente interessanti sono le valvole della *Serie 40,* cioè quelle il cui *numero a due cifre comincia col 4.* Ne fanno parte

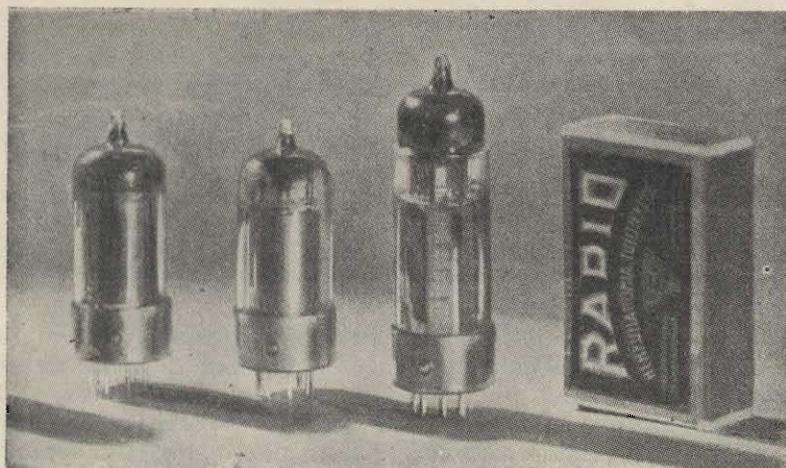



Fig. 23

le *valvole miniatura*, come quelle della serie *Rimlock*, sviluppata dalla Philips (figura 23). Si tratta di *piccole valvole in tutto vetro con zoccolo speciale.*

Pure della *Serie 40* sono le valvole *Pico* della Telefunken, che corrispondono sensibilmente alle Rimlock.

Le valvole della *Serie 50* sono previste per l'uso negli *apparecchi di televisione* e nei cosiddetti « *apparecchi radio professionali* ». Servono cioè per gli *impianti di bordo per marina* e *per aerei*, gli *apparecchi radio per la polizia* e simili.

Numeri diversi della stessa serie significano *modelli differenti*, che possono anche distinguersi in modo essenziale, come per esempio EF11, EF12, EF13, EF14. Spiegheremo in seguito le differenze.

Vedete dunque che questo sistema di designazione delle valvole può essere facilmente ampliato, all'occorrenza, con lo sviluppo di nuovi tipi di valvole. Faremo intanto qualche osservazione sulle nuove cognizioni e su alcuni tipi.

Alcuni esempi di valvole

AZ1 L'AZ1 è una valvola per 4 V di corrente alternata, come è indicato dalla prima lettera. Inoltre è una *raddrizzatrice a due vie*, come è indicato dalla Z. La cifra 1 denota una differenza di struttura rispetto ad altre valvole analoghe, p. es. rispetto all'AZ11. L'AZ1 ha uno *zoccolo a contatti laterali*; l'AZ11 uno *zoccolo* più moderno *a otto piedini*. La fig. 24 mostra la struttura della valvola AZ1.

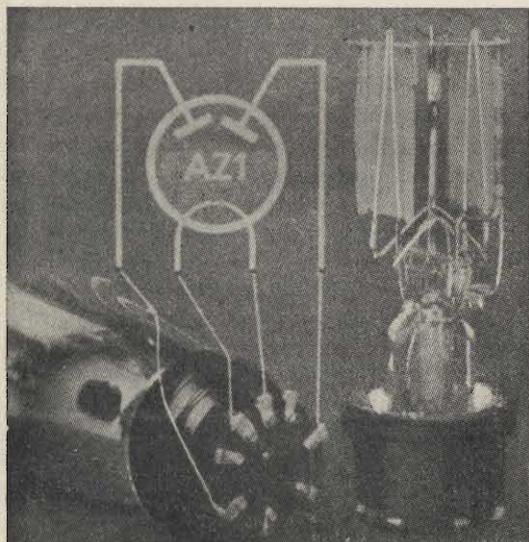
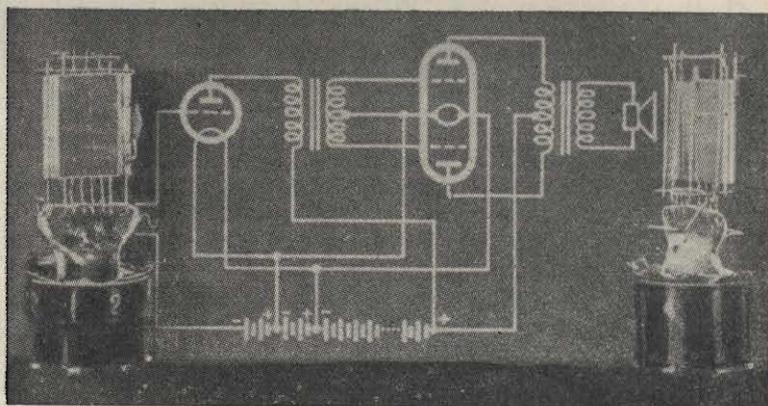
Fig. 24

KC3 La prima lettera K significa che si tratta di una valvola per batteria da 2 volt; la C denota che si tratta di un triodo. Dal numero 3 si deduce anche in questo caso che esso possiede uno *zoccolo a contatti laterali.*

Fig. 25

KDD1 Anche questa è una valvola per batteria da 2V (K); il primo D significa che si tratta di un triodo finale, il secondo D, che nella valvola è contenuto un altro sistema elettronico, identico al primo. La fig. 25 mostra uno schema con due valvole. La cifra 1 denota ancora *zoccolo a contatti laterali*, cosa confermata dalla fig. 25. La KDD1 è una cosiddetta « *valvola a controfase* » per amplificazione di bassa frequenza, definizione che spiegheremo meglio in seguito. L'impiego della valvola finale doppia è più economico di due valvole finali distinte. Fra l'altro basta, p. es., *un solo zoccolo portavalvola.*

CF7 È una valvola per ricevitori universali, potendo essere alimentata sia in corrente continua che in corrente alternata, con 200 mA d'accensione. La seconda lettera indica un pentodo (fig. 26). Il 7 denota lo *zoccolo a contatti laterali.* Si tratta di una valvola simile alla EF12 (si vedano le caratteristiche, di quest'ultima nella Dispensa N. 14, fig. 25).

CC2 Significa: Per C.. accensione con 200 mA, corrente continua o alternata, triodo (fig. 27).

Nella fig. 27 incontrate per la prima volta un *metodo di rappresentazione combinato*, il cosiddetto « *schema dello zoccolo* ». In poco spazio, esso mostra con quali elettrodi sono collegati i singoli contatti dello zoccolo. Schemi di questo genere si trovano spesso nei cataloghi delle valvole o addirittura sugli zoccoli stessi.

ACH1 Vediamo subito che si tratta di una valvola multipla, contenente due sistemi. Viene accesa con 4 V, come denota la lettera A. La .C.. significa che il primo sistema è un triodo, l'..H., che il secondo sistema è un esodo (fig. 28). Questa valvola costituisce l'eccezione da noi già menzionata, che non possiede contatti laterali, bensì lo *zoccolo vecchio a 7 piedini.*

EBF11 È accesa con 6,3 V oppure 200 mA, corrente continua o alternata (E). Il primo sistema è un doppio diodo (.B...). Il secondo sistema (..F..) è un pentodo d'AF (fig. 29). Il numero contraddistingue una *valvola di acciaio con zoccolo a 8 piedini.*

Fig. 26

Fig. 27

Schema e zoccolo della valvola CC2

Fig. 28

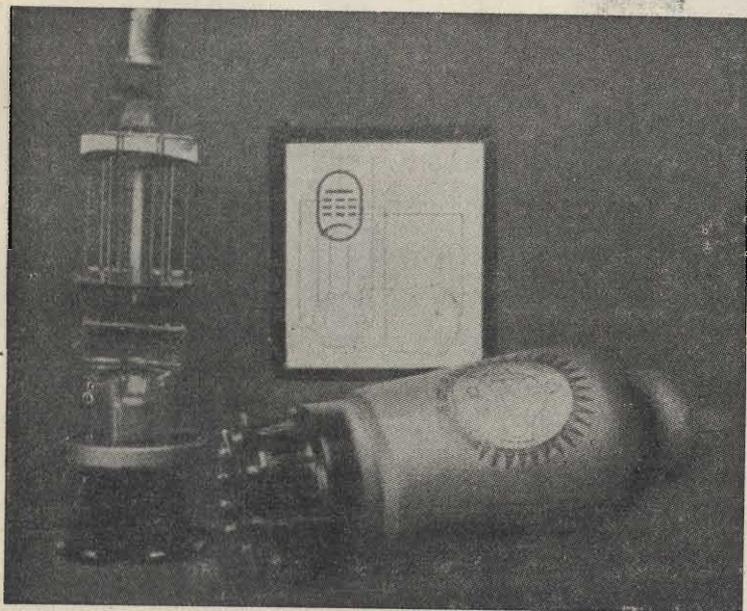
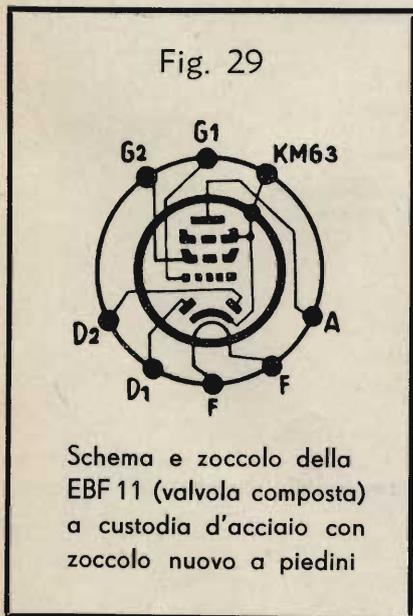
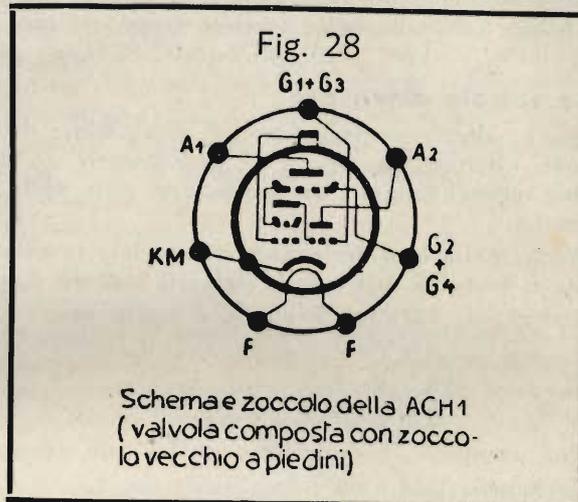
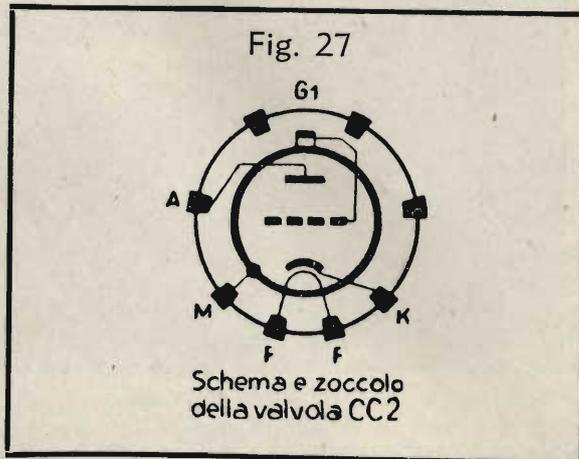
Schema e zoccolo della ACH1 (valvola composta con zoccolo vecchio a piedini)

Avrete forse osservato nella fig. 26 che il bulbo di vetro della valvola è ricoperto di uno *strato protettivo.* Il bulbo è infatti *metallizzato* esternamente. La metalizzazione serve a schermare il sistema elettronico interno dagli influssi esterni. Come risulta dalla fig. 30, la metallizzazione è collegata elettricamente con un contatto dello zoccolo. Nell'impiego della valvola bisogna badare che questo contatto sia collegato col telaio metallico dell'apparecchio, altrimenti la schermatura non è efficace. Una carica della metallizzazione potrebbe dar luogo a disturbi, particolarmente a ronzii. La *metallizzazione* è costituita da un *sottile strato di zinco.* Per non essere danneggiato, lo strato di zinco è ricoperto, a sua volta, da un ulteriore *strato di protezione* (vernice).

Fig. 29

Schema e zoccolo della EBF 11 (valvola composta) a custodia d'acciaio con zoccolo nuovo a piedini

Fig. 30

Lo sviluppo più recente della fabbricazione ha condotto alla produzione delle *valvole d'acciaio,* nelle quali il bulbo di vetro è sostituito da una cappa d'acciaio. Queste valvole hanno il vantaggio di essere piccole e meno sensibili agli influssi esterni che le valvole di vetro. Usando queste valvole negli apparecchi si risparmia spazio.

La fig. 31 mostra una serie di valvole d'acciaio, dalle cui sigle potete ora rilevare molte cose.

Nella fig. 32 si vedono infine nuovamente lo *zoccolo delle valvole d'acciaio,* e il relativo *portavalvola.* Gli *spinotti di contatto* sono distribuiti in due gruppi di 3 e di 5; ciò significa che le valvole d'acciaio sono dotate dello *zoccolo a 8 piedini di nuovo tipo.*

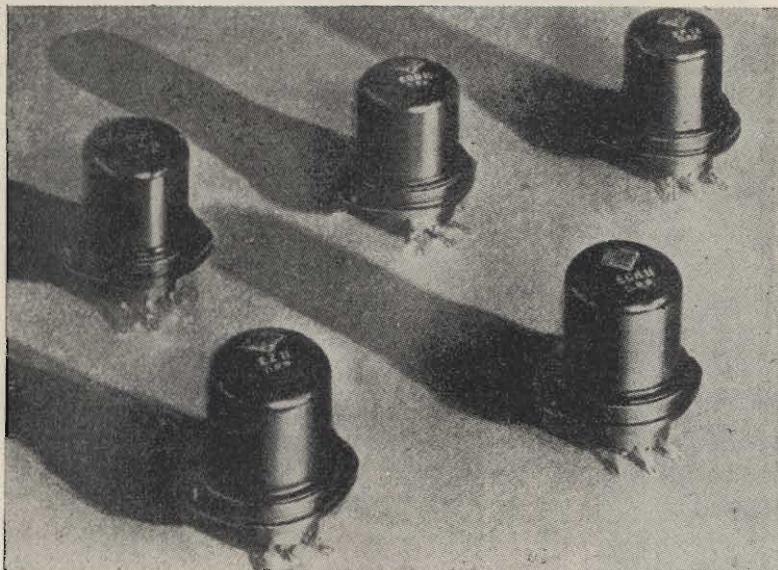
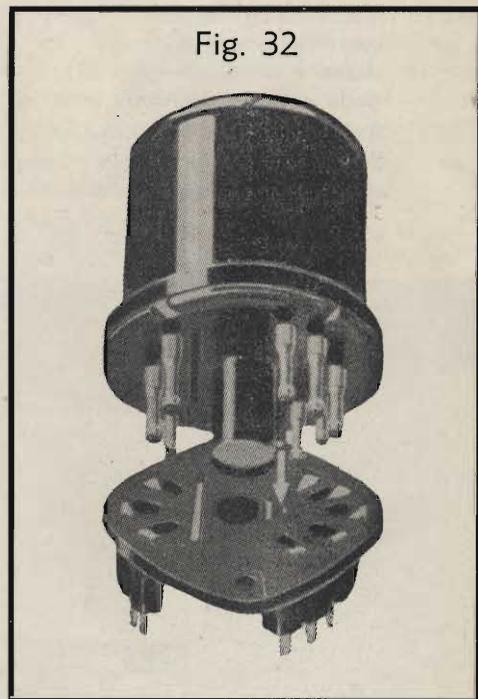



Fig. 31

Fig. 32

Nel mezzo dello zoccolo si trova un *cilindro di guida* dotato di un *nasello*, che consente di innestare la valvola con facilità. La fenditura, visibile nel fondo dello zoccolo, serve per una *speciale schermatura.*

Le valvole americane

Per le *valvole americane* non si può parlare di una vera *chiave* di designazione. Si usano anche per esse numeri e lettere, ma non se ne può dedurre un sistema regolare. Per le valvole più semplici si usano alle volte due numeri separati da una lettera, altre volte viene aggiunta un'altra lettera, in modo apparentemente arbitrario.

Anche nella loro designazione vien data la massima importanza al *valore dell'accensione*. L'indicazione di questa si trova all'inizio della sigla; il numero significa il *valore approssimativo della tensione d'accensione.*

1 significa	1,0 - 1,4 V e 2 V d'accensione		7 significa	6,3 - 7 V	d'accensione
2 »	2,5 V	»	12 »	12,6 V	»
5 »	5 V	»	25 »	25 V	»
6 »	6,3 V - 7 V				

Per terminare, consideriamo un po' più attentamente tre valvole americane e la loro designazione.

La valvola *2A3* è un *triodo* finale con 2,5 V d'accensione, per inserzione dei filamenti *in parallelo.* Come conformazione e impiego corrisponde, all'incirca, all'AD1.

Un *pentodo finale* è la *2A5*, anch'essa per 2,5 V d'accensione e con una corrente anodica di 34 mA. Assomiglia pertanto alla AL1, valvola europea, che però è accesa con 4 V.

La *valvola multipla 6K8* è una *combinazione triodo-esodo.* Essa costituisce un *elemento essenziale della supereteródina* ed è accesa con 6,3 V.

Domande

1. Che significa la prima lettera nella sigla delle valvole europee?
2. Che significa la seconda lettera?
3. Che cosa potete dire sulle valvole la cui sigla è costituita da tre lettere?
4. Che cosa potete dire della valvola denominata AD1?
5. Che cos'è una valvola multipla?
6. Quali particolarità presenta la valvola EDD11?

Risposte alle domande di pag. 8

1. Il valore reciproco dell'impedenza si chiama « *ammettenza* ».
2. L'impedenza di un collegamento in parallelo è sempre minore della resistenza e della reattanza che lo compongono.
3. Calcoliamo dapprima:

   $R_{ind} = 2\pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 50 \cdot 5 = 1570$ ohm

   Inseriamo questi valori nella formula (59-a) e abbiamo:

$$\textit{Impedenza} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{R_{att}^2} + \frac{1}{R_{ind}^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{(3\ .\ 10^3)^2} + \frac{1}{(1{,}57\ .\ 10^3)^2}}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{9\ .\ 10^6} + \frac{1}{2{,}47\ .\ 10^6}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{1}{0{,}11\ .\ 10^{-6} + 0{,}405\ .\ 10^{-6}}} = \sqrt{\frac{1}{10^{-6}\ (0{,}11 + 0{,}405)}} = \sqrt{\frac{10^6}{0{,}515}} = \sqrt{1{,}942\ .\ 10^6} = 1{,}394\ .\ 10^3$$

L'impedenza del collegamento in parallelo equivale a *1394 ohm.*

TELEGRAFIA

LA TELESCRIVENTE

La descrizione del primo sistema pratico di telescrivente, il telegrafo di Hughes, ormai vecchio di quasi cento anni, ha suscitato senza dubbio il vostro interesse per i sistemi attualmente in uso. A questo proposito vi chiederete certamente in che modo le moderne telescriventi risolvano il difficile problema del sincronismo. Vogliamo ribadire pertanto alcuni concetti essenziali, considerando il telescrittore di Hughes da un punto di vista critico. Quando si richiede che ogni lettera venga trasmessa attraverso una linea a due fili, mediante un solo impulso di corrente, è indispensabile mantenere in continuità un sincronismo perfetto. Volendo evitare questa esigenza del sincronismo, non rimane altro che assegnare ad ogni lettera una determinata combinazione di impulsi di corrente. Vi immaginerete quindi che, in tal modo, si debba tornare ad una specie di alfabeto Morse. Purtroppo l'alfabeto Morse non è adatto per essere usato in un'apparecchiatura automatica, data la differente lunghezza dei vari segni. Si è dovuto quindi escogitare un *nuovo sistema di segni alfabetici*, che fosse di *applicazione internazionale* e nel quale *ciascun segnale avesse la medesima durata.* Un importante progresso consiste nel fatto che, nella formazione del segnale, vengono impiegati, con valore equivalente, tanto periodi in cui passa la *corrente*, quanto altri periodi, di uguale durata, in cui la corrente è interrotta, detti perciò *pause*. Per la riproduzione automatica è indispensabile che l'*inizio del segnale* sia contraddistinto in modo sicuro e inequivocabile. È necessario pertanto, come vedrete, che ogni segno sia preceduto da un identico impulso iniziale. Si dimostrò conveniente adottare 5 *passi* o impulsi dopo l'impulso di partenza. In questo caso si parla di *impulsi* anche quando questi sono costituiti da una *pausa*, la quale può, d'altronde, essere interpretata come un *impulso negativo*. I vari impulsi, che hanno tutti la medesima durata, si distinguono unicamente dalla *presenza* oppure dall'*assenza di corrente*.

Fig. 33

L'alfabeto telegrafico

Il C.C.I.T. (Comitato Consultivo Internazionale Telegrafico) adottò l'*alfabeto telegrafico internazionale N. 2*, il cosiddetto « *alfabeto Murray* » (fig. 33). La lettera *W*, per esempio, risulta da un *impulso di partenza* e da un *successivo andamento della corrente* conforme a quello indicato nella fig. 34.

Poichè il funzionamento avviene, generalmente, *a corrente di riposo*, l'*impulso di partenza* è caratterizzato da un'*interruzione della corrente.*

I cinque impulsi del segnale, o *codice*, sono seguiti poi dal cosiddetto « *impulso d'arresto* », necessario per riportare l'apparecchiatura nella posizione iniziale e per sganciare la parte trasmittente e ricevente dal meccanismo propulsore. Con un insieme di 5 impulsi di due qualità (*riposo* o *corrente* e *lavoro* o *interruzione*) si possono formare *32 differenti combinazioni*, come potete controllare nella fig. 33. Come avviene con la macchina da scrivere, che offre la possibilità di passare dalle minuscole alle maiuscole, si possono sfruttare anche qui *due volte i tasti*. Limitandosi quindi all'uso delle *lettere maiuscole*, rimangono possibilità bastanti per trasmettere tutte le lettere, i numeri ed i segni d'interpunzione .

È importante il fatto che tutte le telescriventi attualmente usate funzionino esclusivamente col sistema dell'*alfabeto a cinque impulsi*.

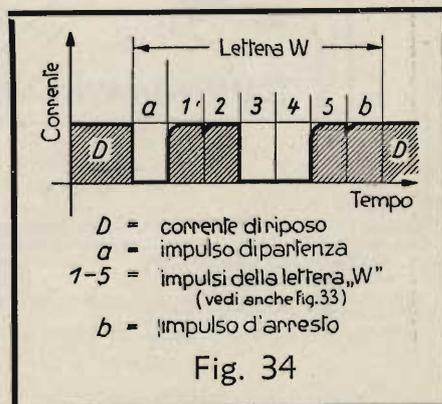



Fig. 34

Sincronizzazione di partenza e d'arresto

Ogni segnale trasmesso si distingue dagli altri soltanto dopo l'impulso di partenza. Con ciò abbiamo espresso un *concetto essenziale della telescrivente moderna.* Il meccanismo *parte* ad ogni lettera da una posizione di riposo; *l'impulso iniziale rappresenta il segnale di partenza.* Dato l'elevato numero di giri del motore, necessario per ottenere una buona velocità di scrittura, non è possibile avviare il motore ad ogni lettera. Si fa quindi ruotare il motore senza interruzione e lo si accoppia al meccanismo telescrivente soltanto per un breve istante, in seguito ad ogni impulso di partenza. Prima ancora che il meccanismo di scrittura sia entrato in funzione, interviene *l'impulso d'arresto*, provocando lo sgancio del trasmettitore e del ricevitore dal motore. Dopo l'impressione del segno trasmesso, si disinnesta anche il meccanismo di scrittura, e tutti gli organi si ritrovano nella posizione iniziale, fino al momento in cui viene trasmesso un nuovo segno. Poichè l'istante, in cui viene effettuato l'accoppiamento del meccanismo telescrivente al motore, è determinato dall'*apparecchio trasmittente*, il sincronismo in questa posizione iniziale risulta automaticamente realizzato. Non occorre quindi la lunga e laboriosa messa in passo, necessaria nel telegrafo di Hughes poichè il sistema di funzionamento garantisce per sè medesimo una certa sincronizzazione. L'operatore è liberato così dall'obbligo, che aveva col vecchio telegrafo di Hughes, di osservare un dato ritmo di trasmissione. Per questa ragione, il sistema di telescrivente oggi universalmente in uso è denominato « *sistema aritmico* ». Più comunemente, però, è chiamato sistema « *start-stop* », dal fatto che i cinque impulsi di codice sono sempre preceduti e seguiti da *due impulsi di uguale durata*, detti rispettivamente « *di partenza* » (in inglese « *start* ») e « *di arresto* » (in inglese « *stop* »).

Tutti questi concetti, tuttavia, sono senza dubbio ancora un po' vaghi per voi. Passeremo quindi a descrivere il funzionamento di alcune macchine telescriventi, e ciò servirà a chiarire le idee.

La telescrivente Siemens

La *telescrivente* di fabbricazione *Siemens e Halske* lavora secondo il principio ora descritto. Le telescriventi si presentano in generale, soprattutto per quanto riguarda la *tastiera*, in modo molto simile alle comuni macchine da scrivere. A differenza di queste, *i martelletti scriventi non sono azionati direttamente dai tasti.* La pressione sui tasti viene esercitata in modo assai più dolce, che nella macchina da scrivere. *I tasti servono solo per provocare la trasmissione degli impulsi elettrici*, i quali, a loro volta, faranno funzionare i *martelletti scriventi* dell'apparecchio ricevente. È possibile però disporre il circuito elettrico in modo, da far registrare il testo trasmesso anche all'apparecchio trasmittente stesso.

Le *parti essenziali* della telescrivente sono: la *tastiera*; il *trasmettitore*, che invia in linea un treno d'impulsi corrispondente al codice del tasto premuto: il *ricevitore*, che utilizza gli impulsi di corrente, trasformandoli in una disposizione meccanica atta alla selezione del segnale trasmesso; il *dispositivo di scrittura* e, infine, il *motore* col relativo *regolatore di velocità*.

Le barre di codice di trasmissione

Il *trasmettitore* è, naturalmente, *azionato per tramite della tastiera.* Il sistema escogitato per far sì che la pressione esercitata su un tasto provochi la formazione dei cinque impulsi di codice, è assai interessante. Contrariamente a ciò che si verifica nelle macchine da scrivere, *i tasti non agiscono sui tiranti e sui martelletti dei caratteri, bensì su cinque barre orizzontali.* Queste cosiddette « *barre di codice* » si spostano verso destra o verso sinistra, a seconda del *codice corrispondente* alla lettera trasmessa (fig. 35). La loro posizione significa: *riposo*, cioè *corrente*: *barra a destra*; *lavoro*, cioè *assenza di corrente*: *barra a sinistra.*

Fig. 35

Emissione di un impulso.

e = Albero del trasmettitore
l = Lamine di contatto
m = Camma
n = Leva di contatto
o = Barra di codice
p = Tasto

Premendo il tasto, la barra di codice si sposta verso destra.

Lo spostamento delle *barre di codice* è reso possibile dagli intagli a mo' di denti di sega, inclinati verso destra o verso sinistra, sui cui fianchi si appoggiano le *leve dei tasti*, facendo scivolare le barre nell'uno o nell'altro senso, secondo il codice della lettera in questione. Osserviamo per esempio la fig. 35: il *tasto p*, che non può spostarsi lateralmente, premendo sul fianco del dente tratteggiato costringe la *barra o* a spostarsi verso destra.

Nella fig. 35 è disegnata, per semplificare, una sola barra di codice. Le altre quattro barre vanno immaginate dietro alla prima.

Quando viene premuto un tasto esso fa spostare le 5 barre parte verso sinistra, parte verso destra, secondo la qualità degli impulsi ad esso assegnati.

Per esempio, alla lettera *A* corrisponde, come risulta dalla fig. 33, lo *spostamento verso destra delle due prime barre* (corrente) e *verso sinistra delle altre tre* (assenza di corrente). Le barre vengono trattenute in questa posizione fino a trasmissione avvenuta degli impulsi.

Il trasmettitore

La lettera registrata con la posizione delle barre di codice va ora trasformata in un treno d'impulsi. Dalla posizione delle *barre di codice*, messe a punto *simultaneamente*, si devono ora ricavare *cinque impulsi successivi*. Servono a questo scopo dei *contatti*, comandati per mezzo di *camme rotanti*, i quali costituiscono il *trasmettitore* vero e proprio. Ed ecco ora attuata l'idea della *sincronizzazione start-stop*. Nel momento in cui si preme il tasto *p*, l'*asse e* viene accoppiato al motore. Nella fig. 35 sono visibili la *camma m*, il *contatto l* e la relativa barra di codice *o*. Spostandosi verso destra, la *squadretta* fissata all'estremità della barra di codice libera la *leva n*. Nell'istante in cui viene a trovarsi in corrispondenza dell'incavo della camma, questa leva cade in avanti e il contatto si chiude. A questo modo viene inviato nella linea un impulso di *corrente*. Se invece la barra di codice fosse stata spostata *verso sinistra*, la leva *n* sarebbe rimasta appoggiata alla squadra e non avrebbe potuto cadere in avanti al passaggio dell'incavo della camma. Il contatto non si sarebbe chiuso e si avrebbe avuto quindi un impulso di *assenza di corrente*.

Cinque camme ruotanti esplorano successivamente, nel modo ora descritto, la posizione delle barre di codice, provocando l'emissione dei corrispondenti impulsi. Al termine del segnale, l'*albero a camme* ha eseguito una rotazione completa; si sgancia allora l'*innesto* che lo collegava al *motore*, ed esso si ferma nella posizione iniziale, finchè non venga nuovamente premuto un tasto.

Alla fine della rotazione dell'albero di trasmissione viene emesso anche il *segnale d'arresto* (*stop*), cui segue la *corrente di riposo* nella linea.

Abbiamo descritto in tal modo i principi elettrici essenziali della trasmissione, che consentono di inviare in linea una combinazione d'impulsi come è indicato nella fig. 33.

Il ricevitore

Nella *parte ricevente* si hanno delle funzioni un po' più complesse, poichè si vuole che l'apparecchio scriva.

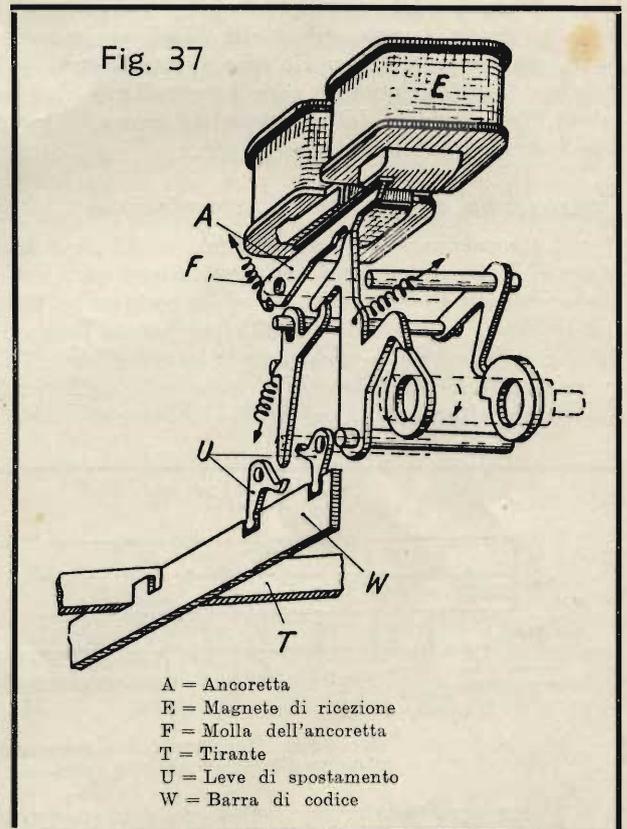
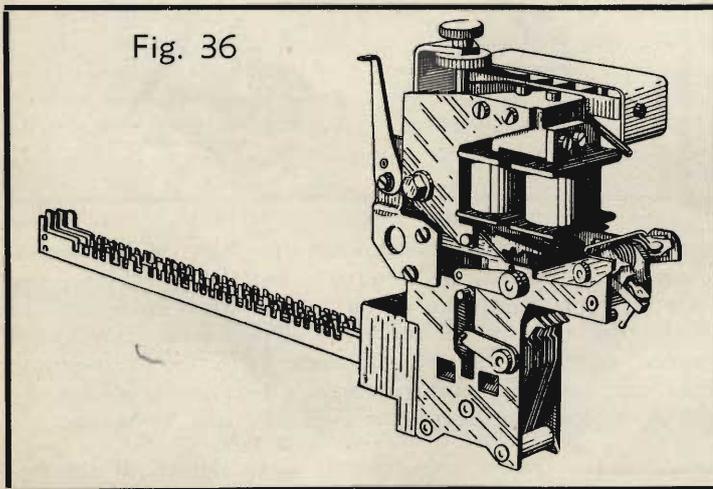
All'estremità della linea sono allacciate semplicemente le *bobine del relè ricevente*. Tale relè o elettromagnete possiede, nel sistema Siemens, *cinque ancorette mobili*, corrispondenti ai cinque impulsi di codice.

Nella fig. 36 si scorgono le *cinque ancorette sotto le bobine del relè*; la forma delle ancorette è meglio visibile nella fig. 37, ove ne è disegnata una sola.

L'*impulso di partenza* (*start*) fa cadere tutte le ancorette; a seguito di ciò, il meccanismo di ricezione viene accoppiato al motore e si mette quindi in rotazione, un attimo dopo il trasmettitore.

Fig. 36

Fig. 37

A = Ancoretta
E = Magnete di ricezione
F = Molla dell'ancoretta
T = Tirante
U = Leve di spostamento
W = Barra di codice

La *corrente di linea*, fissata in 40 mA, è d'intensità talmente ridotta, che il relè *non può attrarre* le ancorette mobili. Invece la forza dell'*elettromagnete* è sufficiente per *trattenere* le ancorette. E ora si fa ricorso a un artificio.

Per mezzo dell'*albero a camme di ricezione* le cinque ancorette vengono sollevate, una dopo l'altra, nel ritmo degli impulsi telegrafici. Ecco pertanto la necessità del sincronismo tra l'apparecchio ricevente e quello trasmittente.

Al primo impulso viene sollevata la prima ancoretta, al secondo impulso la seconda, e così via. Se il primo impulso è di *corrente*, l'*ancoretta rimane trattenuta dal relè e lascia la propria leva tastatrice libera di tornare indietro.* Se invece, nell'istante del sollevamento dell'ancoretta, si ha un'*interruzione di corrente, l'ancoretta ricade immediatamente, agganciando l'appendice della leva. Dopo la ricezione dei cinque impulsi di un segnale, le cinque ancorette del relè ricevute si trovano disposte nella posizione corrispondente al codice.*

La disposizione delle ancorette viene allora trasportata sulle *barre di codice di ricezione*, molto simili a quelle di trasmissione, solo che invece di avere dei denti triangolari, sono dotate di *fenditure rettangolari*. Le *barre di*

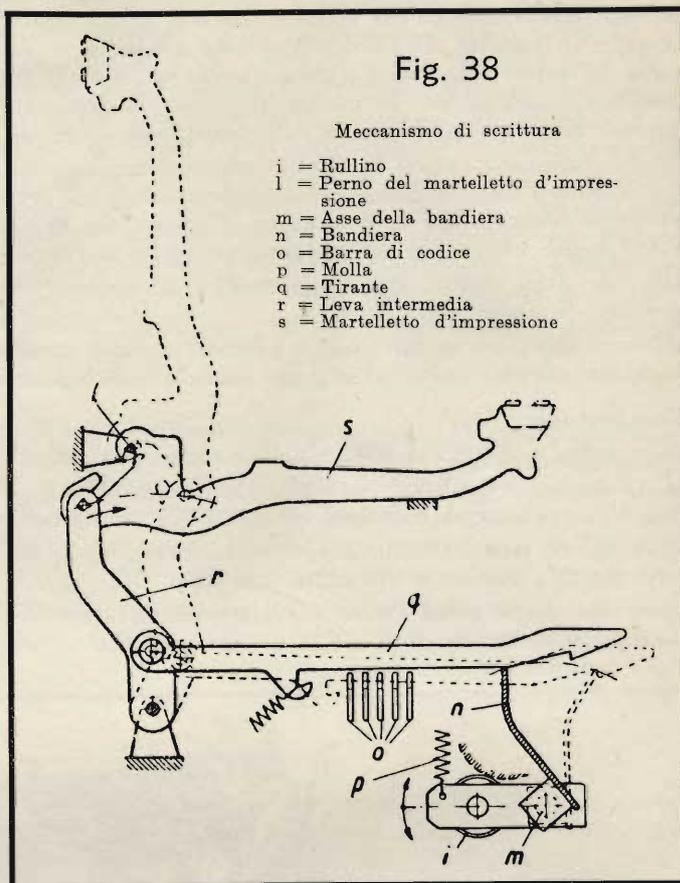
codice sono spostate verso destra o verso sinistra, secondo la posizione della corrispondente ancoretta, in modo del tutto analogo alle *barre di codice di trasmissione*. Nella fig. 37 è rappresentato il complicato meccanismo che, per mezzo di apposite *leve*, provoca lo spostamento delle barre di codice secondo la posizione delle ancorette. (Dato che a noi interessa, in prima linea, soltanto la parte elettrica dell'impianto, non possiamo descrivere che assai brevemente la parte di meccanica fine che lo riguarda, per non perderci troppo in dettagli). Come vedete, le funzioni del ricevitore si svolgono nella successione inversa di quelle del trasmettitore; siamo così arrivati alla posizione delle barre di codice.

Il meccanismo di scrittura

L'ultima funzione è costituita dalla scrittura. Non appena le cinque barre di codice hanno assunto la loro posizione, viene messo in moto il *dispositivo di scrittura* (fig. 38). Anche qui è necessario che il motore fornisca la forza occorrente per l'impressione dei caratteri; avviene perciò, nel momento giusto l'accoppiamento.
Sopra le barre di codice *o* giacciono i *tiranti q*, collegati ai *martelletti* d'impressione *s*. I *tiranti* si appoggiano dapprima sulla cosiddetta « *bandiera* » *n*, la quale, messosi in moto il dispositivo di scrittura, si sposta successivamente verso destra, nella posizione tratteggiata nella fig. 38. I tiranti vengono allora premuti sulle barre di codice dalla *molla a trazione* visibile a sinistra.
Come si vede nelle figure 36 e 37, le *barre di codice di ricezione* sono dotate di numerose *feritoie rettangolari*. Per *ogni lettera* si hanno, in un determinato posto, *cinque feritoie* allineate. Ad ogni combinazione delle barre corrisponde però un solo posto, nel quale tutte e cinque le feritoie vengono a trovarsi allineate. Il *tirante orizzontale* della lettera trasmessa, che si trova proprio sopra le feritoie allineate, cade entro le stesse, agganciandosi alla *bandiera*; quest'ultima, continuando il proprio moto verso destra, se lo trascina dietro, azionando così il *martelletto* e provocando l'impressione del carattere trasmesso, come in una comune macchina da scrivere.

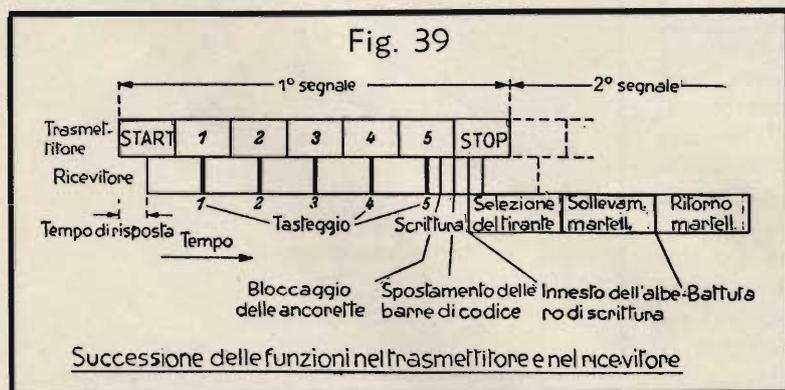
Fig. 38

Meccanismo di scrittura

i = Rullino
l = Perno del martelletto d'impressione
m = Asse della bandiera
n = Bandiera
o = Barra di codice
p = Molla
q = Tirante
r = Leva intermedia
s = Martelletto d'impressione

Sincronismo e velocità di trasmissione

Per il sincronismo del trasmettitore e del ricevitore non occorre alcun provvedimento speciale. Se il trasmettitore e il ricevitore sono entrambi allacciati a reti di corrente alternata, di frequenza uguale e regolata, per l'azionamento di entrambe le apparecchiature basta, per esempio, l'impiego di un *motore sincrono trifase*. In Italia, dove, secondo le località, si hanno frequenze differenti, tale tipo di motore non può essere impiegato, poichè non potrebbe assicurare il sincronismo. Per questa ragione le *telescriventi usate in Italia*, per esempio le « *Olivetti* », sono dotate di *motore a collettore*, tipo che può essere alimentato sia a corrente continua che a corrente alternata, e nel quale la velocità viene regolata molto semplicemente variando una resistenza.

Fig. 39

Successione delle funzioni nel trasmettitore e nel ricevitore

Queste telescriventi sono dotate di un *frequenzimetro a lamelle*, incorporato nell'apparecchiatura, in base all'indicazione del quale viene messa a punto la velocità del motore. Tuttavia, dato il principio di funzionamento del sistema *start-stop*, non si richiede una grande precisione della velocità, come occorre invece nel vecchio telegrafo di Hughes. Infatti ogni lettera viene trasmessa partendo da una posizione di riposo, per la qual cosa le eventuali differenze di velocità non possono sommarsi da una lettera all'altra. La sola *condizione essenziale è che i cinque impulsi di codice pervengano al ricevitore mediante gli istanti in cui sono sollevate le corrispondenti ancorette mobili del relè*. Un apposito *rapporto d'ingranaggi* serve appunto a far sì che la velocità di rotazione del meccanismo di ricezione sia lievemente maggiore di quella del trasmettitore. Nell'apparecchio ricevente occorre infatti che, dopo la ricezione dei segnali, venga effettuata anche la scrittura. Ciò può avvenire tuttavia mentre gli impulsi del segnale successivo stanno già influenzando il relè ricevente. La fig. 39 rappresenta la *successione cronologica delle varie funzio-*

ni. Naturalmente il tempo occorrente per la scrittura deve essere più breve della durata di un segnale, poichè altrimenti le lettere si accavallerebbero nel dispositivo di scrittura.

Per quanto riguarda la *velocità di trasmissione*, è stato stabilito dal C.C.I.T. che ogni impulso debba avere la durata di 1/50 di secondo. Poichè *ogni segnale è costituito da sette impulsi (partenza, cinque impulsi di codice e arresto)*, si ha una durata di ciascun segnale pari a 7/50 di secondo. Ciò equivale a una *velocità massima di trasmissione* pari a 428,57 segnali al minuto, e tale è appunto il *numero di giri dell'albero a camme trasmittente*. A titolo di paragone valga il fatto che una valente dattilografa riesce a scrivere fino a circa 400 battute al minuto.

Servizi speciali

Alcune *funzioni speciali* vengono svolte dalla telescrivente come nella comune macchina da scrivere. Così si ha l'*avanzamento della carta* a passo a passo, per la larghezza di una lettera, ad ogni segno stampato; parimenti si ha uno *spostamento del nastro inchiostrato*. Come potete però rilevare dall'*alfabeto Murray* (fig. 33), esistono, oltre alle lettere, alle cifre ed ai segni d'interpunzione, anche dei *segnali speciali*, detti « *servizi* », come il *trasporto di lettere e cifre*, l'*interlinea*, lo *spazio*, il *ritorno del carrello*, ecc.

Il servizio più semplice da realizzare è lo *spazio*. Basta infatti disporre a questo scopo un *martelletto privo di caratteri di scrittura*. Comunque, anche il comando di tutti gli altri servizi deve avvenire attraverso la selezione delle barre di codice. Per esempio, il *ritorno del carrello* (il *carrello* è, com'è noto, il *dispositivo con rullo di gomma* che porta il foglio di carta) viene realizzato facendo agire il relativo *tirante*, anzichè su un martelletto, sul *nottolino* che trattiene il carrello, in modo che questo si sganci e ritorni a capo sotto l'azione di una *molla*. Il *tirante* per le *lettere*, invece, solleva il rullo e lo trattiene in alto, finchè non pervenga il segnale *cifre*. Quando il rullo è sollevato, vengono impresse le lettere, che sui martelletti si trovano in alto, mentre le cifre ed i segni d'interpunzione sono in basso. È chiaro che tutte queste complicate funzioni sono rese possibili soltanto da una macchina fine di grande precisione, mentre la parte elettrica dell'impianto è, in fondo, molto semplice.

Si possono inoltre facilmente aggiungere dei *dispositivi supplementari* per la messa in marcia dell'apparecchio ricevente da parte di quello trasmittente, in modo da poter trasmettere dei telegrammi senza che occorra la presenza dell'operatore nella stazione ricevente. Poichè si richiede che il motore sia in marcia solo quando ciò è necessario per effettuare una trasmissione, si fa in modo che esso venga avviato per mezzo di un impulso di partenza, mettendo così l'apparecchiatura in grado di ricevere i segnali.

Un altro *dispositivo* interessante è quello che serve per la *risposta automatica*. Per accertarsi che si è collegati con l'utente desiderato, come in una comunicazione telefonica, si preme il tasto « *Chi è?* ». Ogni telescrivente è contraddistinta infatti da un suo *nominativo*, come ogni apparecchio telefonico ha il suo numero. Anche se presso la stazione chiamata non c'è nessuno, il tasto « *Chi è?* » provoca l'emissione automatica di una determinata *successione di segnali*, costituente appunto il *nominativo della stazione*. Il mittente del telegramma è quindi sicuro di essere collegato con l'apparecchio giusto.

Ora quindi conoscete il principio di funzionamento di una delle moderne e molto usate telescriventi. Tutta la parte elettrica vi è riuscita sicuramente chiara, mentre per la comprensione dell'intiera apparecchiatura vi occorrerebbero delle più profonde conoscenze di meccanica fine. Queste servono però solo agli specialisti, mentre voi, per ora, non volete altro che istruirvi in generale su tutto il vasto campo delle telecomunicazioni.

Domande

1. Quali sono le caratteristiche essenziali del sistema *start-stop*?
2. Di che specie sono gli impulsi impiegati nella telescrivente Siemens?
3. Perchè le ancorette mobili devono essere sollevate da un meccanismo azionato dal motore?
4. Qual è lo spostamento delle barre di codice di trasmissione per la lettera *D*?
5. Che avviene quando si preme il tasto « *Chi è* »?

RADIOTECNICA

TRASMETTITORI E CIRCUITI DI TRASMISSIONE

Dopo aver conosciuto il funzionamento dei ricevitori, dovete anche imparare come si producono le onde di trasmissione e come sono costruiti i *trasmettitori*. Un modo di generare delle onde elettromagnetiche, e precisamente quelle di disturbo, vi è già noto. Avete imparato che, ovunque si abbiano delle scariche, si producono delle oscillazioni elettriche; queste oscillazioni si propagano lungo le linee allacciate o anche attraverso l'etere.

Trasmettitori a scariche

Agli inizi della trasmissione senza fili si utilizzavano dei veri e propri *trasmettitori a scariche* o *a scintille*, nei quali delle potenti scariche provocavano le oscillazioni dell'etere. I dispositivi erano fatti in modo che le scariche si ripetessero senza interruzione, affinchè si mantenessero costantemente le oscillazioni elettriche, che venivano irradiate attraverso l'antenna e raccolte dagli apparecchi riceventi. Interrompendo brevemente le scariche oppure la linea d'antenna, si provocavano delle interruzioni delle oscillazioni. Facendo avvenire queste interruzioni nel ritmo dei segnali Morse, era possibile trasmettere delle segnalazioni.

Solo molto più tardi i *trasmettitori a scariche*, sulla costruzione dei quali non occorre dilungarci, furono sostituiti dai *trasmettitori a valvole termoioniche*. Un breve cenno storico servirà a ricordare i primi esperimenti.

Slaby, un pioniere della radio, fece, circa 50 anni fa, il primo, timido esperimento con le *onde radio*, che poco più tardi avrebbero rivoluzionato le telecomunicazioni. Quante cose furono realizzate da allora, prima di raggiungere l'attuale perfezione dello sviluppo tecnico. Le invenzioni si susseguirono sempre più rapidamente; ogni miglioria aprì la strada a nuovi perfezionamenti; la radiotecnica non è però frutto di un solo inventore. Molti sono gli indagatori, ingegnosi o geniali, che hanno collaborato allo sviluppo della radio; molti hanno fatto per tale sviluppo dei grandi sacrifici e vi hanno partecipato, acquistando, chi più chi meno, le loro benemerenze. Sarebbe un menomarle, se si volessero elencare tutte dettagliatamente. Ricordiamo solo che all'invenzione della radio sono strettamente legati i nomi di due grandi italiani, il *Righi* ed il *Marconi*.

Gli esperimenti di Slaby e di Marconi si fondarono sulla scoperta del professore di fisica *Enrico Hertz*. Questi aveva impiegato nelle sue esperienze un cosiddetto « *rocchetto d'induzione di Ruhmkorff* », ossia un dispositivo elettrico capace di generare potenti scintille (in che modo, non ha che relativa importanza). I morsetti di questo rocchetto erano allacciati ad un cosiddetto « *spinterometro* », dispositivo costituito da due sfere metalliche isolate e contrapposte a breve distanza e collegate con due piastre metalliche. Durante il funzionamento di questo cosiddetto « *eccitatore di Hertz* » tra le due sferette scoccavano scintille, generando invisibili onde elettriche propagantisi nello spazio. Quest'ultimo fatto è il fenomeno essenziale che Hertz intuì, dimostrando quindi, in modo assai semplice, che queste onde, in seguito denominate « *onde hertziane* », si propagavano attraverso lo spazio. Noi diciamo che dimostrò tale fatto in modo semplice, ma l'idea sulla quale era basato il primo *ricevitore di scariche* non era facile da concepire, considerando le conoscenze di allora, benchè fosse semplice e geniale come la soluzione del problema dell'uovo di Colombo. Il *ricevitore* era costituito da un *pezzo di filo metallico piegato ad anello*. L'anello presentava un'interruzione larga soltanto 1/5 di mm, compresa tra due sferette.

Con soddisfazione d'inventore Hertz scoprì che quando il *trasmettitore*, cioè il *rocchetto d'induzione*, era in funzione e tra le due sfere scoccavano potenti scintille, anche tra le sferette del *ricevitore* si formavano delle scintilline. Egli denominò l'anello di filo « *risonatore* », Doveva dunque esistere *una trasmissione d'energia da un posto all'altro*, se pure nell'attraversare lo spazio libero, l'etere, si manifestava una forte perdita di energia.

Questa scoperta segnò la *nascita della telegrafia e telefonia senza fili*. Lo scienziato potè anche dimostrare che la *propagazione dell'elettricità attraverso lo spazio libero* avviene per mezzo di *onde dell'etere*, la cui velocità di propagazione è identica a quella della luce.

Gli studi e le esperienze scientifiche, che seguirono gli esperimenti di Marconi e di Slaby, dimostrarono che le scariche relativamente deboli, realizzate fino allora, non possedevano un'energia sufficiente per far superare alle onde dell'etere, così generate, delle distanze abbastanza considerevoli.

La bottiglia di Leida

Già prima era stato scoperto che si potevano accumulare notevoli cariche elettriche per mezzo di *bottiglie piene d'acqua*. L'olandese *Muschenbroek*, abitante nella città di Leida, trovò che la *capacità* delle bottiglie aumentava considerevolmente quando venivano ricoperte esternamente di *stagnola*. Queste bottiglie, usate per raccogliere le cariche elettriche, vennero quindi denominate in fisica « *bottiglie di Leida* ». In seguito esse ven-

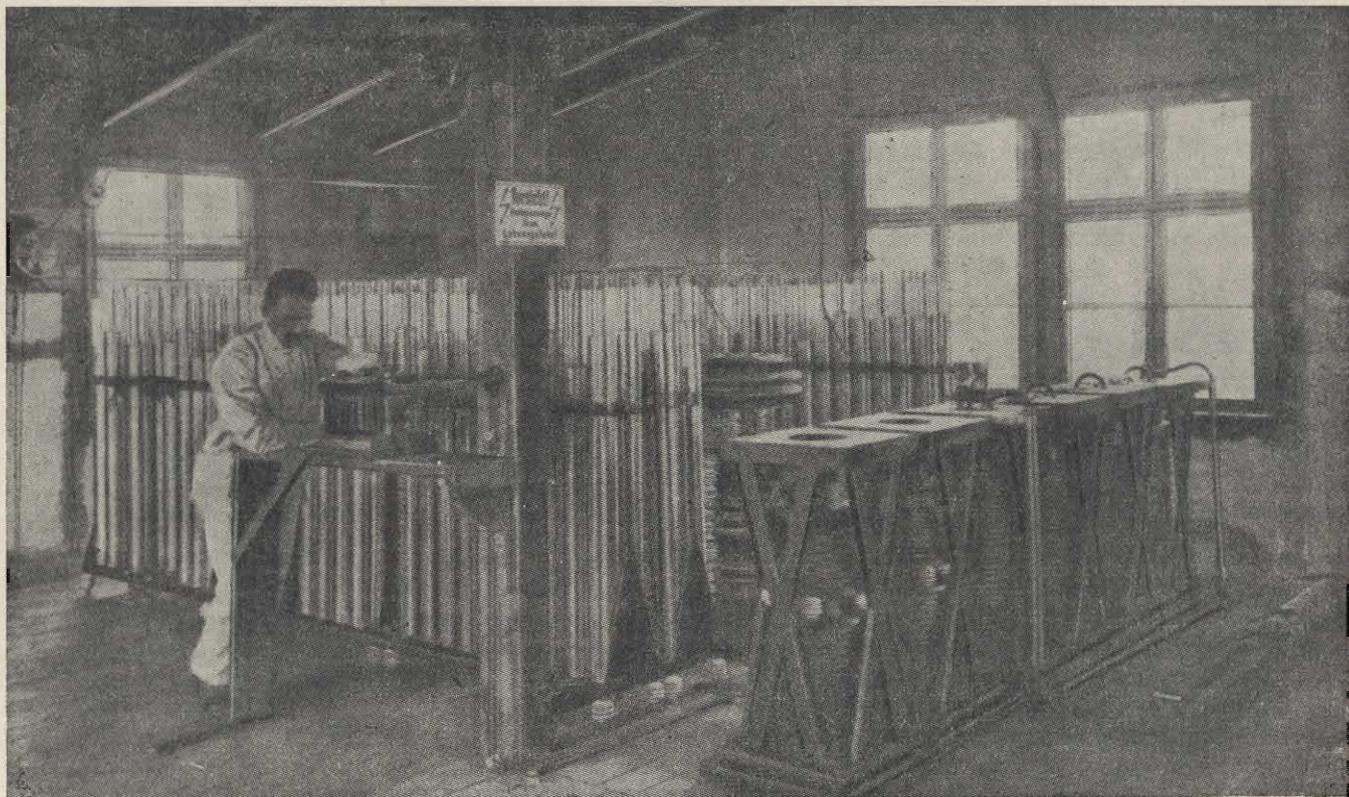



Fig. 40

nero perfezionate, sostituendo dapprima l'*acqua* con un riempimento di *stagnola*, poi con una *ricopertura delle pareti interne con stagnola*; comparvero così i primi *condensatori*. Aumentando il numero dei *recipienti di elettricità* collegati assieme, aumentava anche la loro *capacità* (inserzione in parallelo dei condensatori). Era quindi possibile costituire un'intiera *batteria*, che si poteva caricare per mezzo di una *macchina elettrostatica* oppure di un *rocchetto d'induzione* e, successivamente, scaricare con una scintilla. Più la batteria era grande e più intensa era la scintilla. Questo sistema permetteva di produrre delle belle, grosse e scoppiettanti scintille, capaci di irradiare onde elettriche molto più potenti che non le piccole scintille della macchina elettrostatica o dell'induttore senza batteria di bottiglie di Leida.

Le batterie di bottiglie di Leida furono realmente impiegate, in principio, nella telegrafia senza fili. Nella figura 40 si vede una colossale batteria composta da 360 di queste bottiglie, la quale permetteva di produrre delle scintille così forti, da potersi vedere e udire (direttamente) anche a grande distanza. L'impianto rappresentato nella figura fu il *primo dispositivo radiotelegrafico*, installato a Nauen nell'anno 1906. Le male lingue dicevano che le scintille si vedevano e udivano a distanze maggiori di quelle a cui giungevano le vere e proprie onde elettriche.

Circuiti trasmittenti a valvole

Passiamo ora alla tecnica moderna della trasmissione. Da parecchio tempo si producono le onde elettromagnetiche con l'aiuto di *valvole termoioniche* e si parla pertanto di « *trasmettitori a valvole* ».

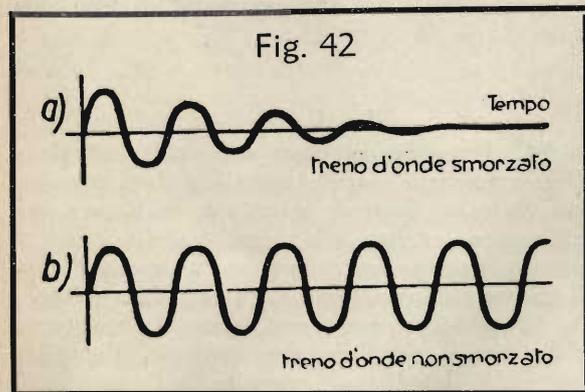
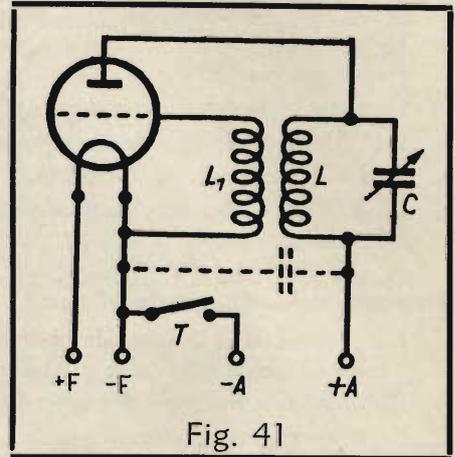
Nella fig. 41 è rappresentato lo *schema di un semplice trasmettitore a valvole*; si tratta del cosiddetto « *schema di Meissner* ».

Un *circuito oscillante*, costituito dalla *bobina d'autoinduzione* L e dal *condensatore* C, è inserito nel *circuito anodico della valvola* ed accoppiato induttivamente con la *bobina* L_1 della griglia. Applicando la tensione anodica, il che avviene, p. es., premendo il *tasto* T, vengono eccitate delle leggere oscillazioni del circuito oscillante. Abbiamo in precedenza già detto che, aprendo o chiudendo dei contatti elettrici, si producono delle scariche oscillatorie.

Fig. 41

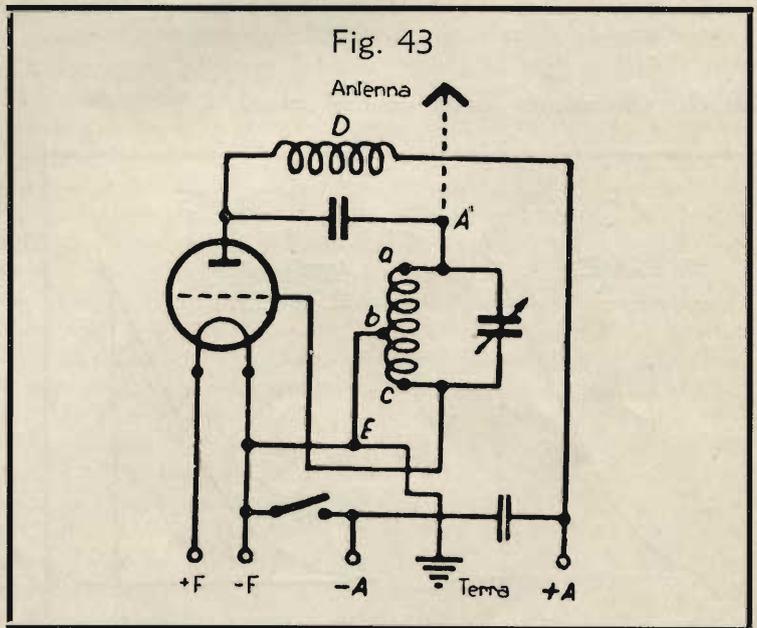
La *leggera oscillazione* manifestatasi nel circuito oscillante anodico viene trasmessa induttivamente al *circuito di griglia*. Le variazioni della tensione di griglia provocano variazioni amplificate della corrente anodica, le quali rinforzano le oscillazioni originarie. La *reazione* (così viene denominata) *del circuito anodico* sul circuito di griglia provoca un ulteriore rinforzo delle oscillazioni in L e C. Questo fenomeno di autoeccitazione si ripete, finchè le oscillazioni non raggiungono un'ampiezza costante.

Fig. 42

Fig. 43

Nella fig. 42 è riportato in *a*) il *diagramma del fenomeno oscillatorio che si manifesta in un circuito senza reazione autoeccitante* (« *feedback* »). *L'oscillazione risulta smorzata* e va lentamente annullandosi. Se invece al sistema oscillatorio viene continuamente addotta nuova energia, come nello schema di Meissner (*circuito a reazione*), *l'oscillazione permane invariata* (non smorzata), corrispondentemente al *diagramma* della fig. 42-b.

Il dispositivo presenta una certa analogia col pendolo di un orologio, che eseguisce oscillazioni uniformi, ossia di ampiezza costante, finchè continua a ricevere nuovi impulsi d'energia.

La frequenza delle oscillazioni nel circuito oscillante della fig. 41 è determinata dai valori di L e C. L, la bobina d'induttanza, è fissa, mentre C è un condensatore variabile. È quindi possibile variare la frequenza delle oscillazioni; in altre parole, il trasmettitore può essere messo a punto su una lunghezza d'onda ben determinata e scelta a piacere, manovrando il condensatore variabile.

Il *sistema di reazione*, induttivo nello schema di Meissner, può essere scelto a piacimento. Può essere anche *capacitivo*, oppure *galvanico*, oppure *misto*. La fig. 43, per esempio, mostra lo *schema di un trasmettitore* in

cui la reazione avviene *per via capacitiva*. È il cosiddetto *schema a tre punti*, detto così perchè la bobina è allacciata nei tre punti *a*, *b* e *c*. La *tensione di reazione* viene ricavata tra i punti *b* e *c*.

Abbiamo conosciuto così un importante impiego delle valvole. La valvola termoionica, nella qualità di *generatrice di oscillazioni d'AF*, ha aperto addirittura una nuova era nel campo della radio.

In una Dispensa successiva ci occuperemo di nuovo di questi problemi.

Domande

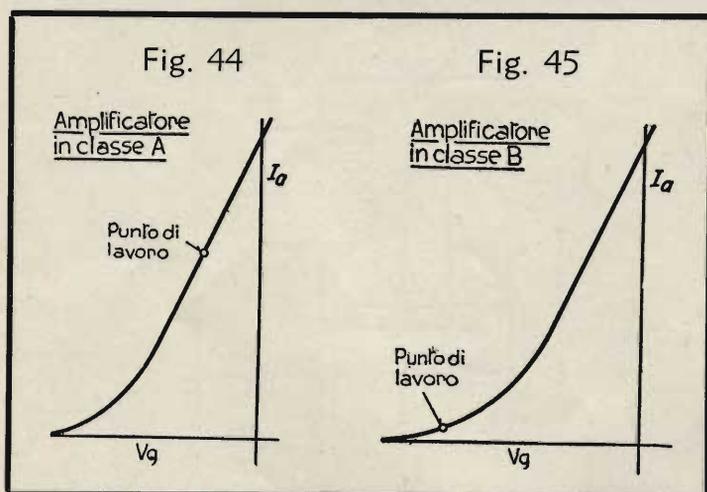
1. Che cos'era un *trasmettitore a scintille?*
2. Qual è il principio fondamentale degli schemi di trasmissione?

Risposte alle domande di pag. 14

1. La prima lettera contraddistingue il genere dell'accensione e quindi la possibilità d'impiego della valvola in un determinato tipo di apparecchio.
2. La seconda lettera contraddistingue la costituzione interna della valvola e quindi la sua funzione entro l'apparecchio.
3. Le valvole designate con una sigla composta di tre lettere contengono due sistemi elettronici.
4. La AD1 è un triodo finale alimentato con 4 V c.a.
5. Una valvola multipla è costituita da due sistemi elettronici.
6. La EDD11 è una valvola d'acciaio per 6,3 V d'accensione, in corrente continua oppure alternata, o per esercizio da batteria. È una valvola multipla contenente due triodi finali.

Risposte alle domande di pag. 19

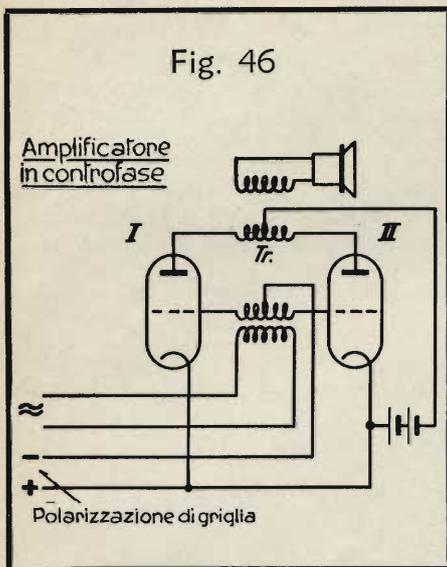
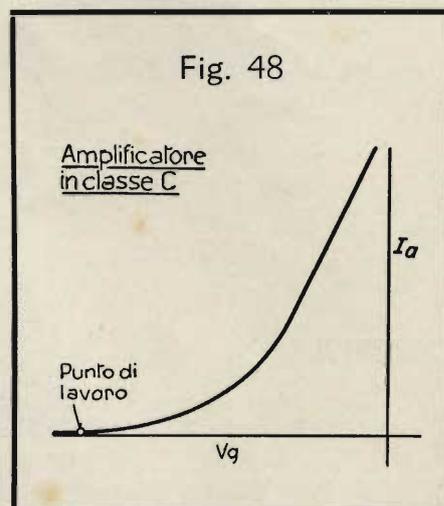
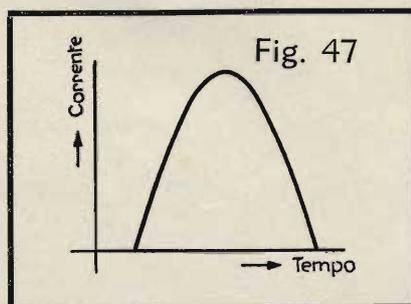
1. La caratteristica essenziale della sincronizzazione *start-stop* è costituita dal fatto che ogni lettera viene trasmessa partendo dalla medesima posizione iniziale del meccanismo trasmittente e di quello ricevente. Dopo la trasmissione del segnale, il meccanismo si ferma di nuovo nella posizione iniziale.
2. La telescrivente Siemens usa impulsi di *corrente* e di *assenza di corrente.*
3. Le ancorette mobili del relè ricevente devono essere sollevate per azione del motore, poichè la debole corrente di linea di 40 mA è sufficiente soltanto per trattenere le ancorette, non per attrarle.
4. Trasmettendo la lettera D, vengono spostate verso destra la prima e la quarta barra di codice (*corrente*), mentre la seconda, la terza e la quinta sono spostate verso sinistra (*assenza di corrente*).
5. Quando si preme il tasto « *Chi è?* », si provoca l'emissione, da parte della stazione chiamata, di una successione di segnali corrispondente al suo nominativo.

La classificazione degli amplificatori

Dopo la trattazione completa delle valvole e delle loro caratteristiche, sapete ormai in quali maniere sia possibile, in linea di principio, realizzare una amplificazione. Oltre alle *qualità della valvola*, vanno considerate essenzialmente due cose: il *punto di lavoro* e la *resistenza anodica*. Nella Dispensa N. 12 avete imparato che, senza la resistenza anodica, non è possibile, per esempio, l'amplificazione delle deboli onde raccolte dall'antenna. Il punto di lavoro è fissato, generalmente, nel mezzo del tratto rettilineo della caratteristica I_a — V_g.

Esistono però delle eccezioni, come abbiamo già visto nell'*audion* e nel *rivelatore anodico*. Ne vedremo anche presto delle altre. Voi penserete senza dubbio al paragone della *caratteristica incurvata* con lo specchio deformante e sarete curiosi di sapere come sia ugualmente possibile un'amplificazione fedele.

Abbiamo parlato pure della grandezza della *resistenza anodica* e della possibilità di impiegare al suo posto dei *circuiti oscillanti*. In passato gli amplificatori si dividevano in quelli *per bassa* e quelli *per alta frequenza*. Tale classificazione ha, senza dubbio, la sua utilità; oggi però si segue il *criterio del punto di lavoro e della resistenza anodica*.

Classificazione in base al punto di lavoro

Il normale *amplificatore* da noi considerato finora, nel quale il punto di lavoro si trova nel mezzo del tratto rettilineo della caratteristica, si chiama « *amplificatore in classe A* » (fig. 44).

Come vedete, per distinguere i tipi di amplificatori si prendono le varie lettere nell'ordine alfabetico. Bisogna quindi star bene attenti al significato della lettera *A*. Quando si dice, per esempio, che la valvola AC2 viene impiegata come amplificatrice in *classe A*, la lettera *A*, nella sigla della valvola, significa, com'è noto, l'accensione a 4 V c.a., con inserzione in parallelo dei filamenti. Il significato dell'indicazione *classe A* è stato spiegato or ora. E per quanto riguarda la *C*, ricordiamo che essa contraddistingue un *triodo*.

Nell'*amplificatore in classe B* il punto di lavoro è spostato verso il basso e viene a trovarsi nel *ginocchio* (fig. 45). Evidentemente si dovrebbe avere, in questo caso, un effetto di raddrizzamento, esattamente come nella demodulazione anodica (Dispensa N. 15). Se infatti la griglia diventa più negativa di quanto lo sia nel punto di lavoro, fig. 45, non passa praticamente più alcuna corrente anodica.

Nell'altra semionda, nella quale la tensione di griglia si sposta verso destra, passa invece una corrente anodica rilevante.

L'amplificatore in controfase

L'applicazione principale dell'*amplificatore in classe B* è lo *schema in controfase* (detto anche « *push-pull* », pronuncia *puscpull,* che in inglese significa: « *spingi-tira* »). Questo genere di collegamento richiede *due valvole identiche e inserite nel medesimo modo.* La cosa più semplice, per illustrare lo *schema in controfase,* consisterà nel presentarvi uno schema completo (fig. 46), spiegandovene il funzionamento.

Vedete subito che lo schema è completamente *simmetrico.* A questo riguardo è assai importante che i trasformatori disegnati nel lato della *griglia* e in quello della *placca* abbiano la presa centrale esattamente *a metà dell'avvolgimento.* Le tensioni continue sono allacciate a queste prese centrali. Dato che qui la corrente anodica non può passare, se non è applicata alla griglia una tensione alternata, non è possibile far uso, in questo caso, della *polarizzazione automatica di griglia* (Dispensa N. 15).

Comunque, ciò che ci interessa in modo particolare è il *fenomeno in corrente alternata.* Il *trasformatore con presa centrale* ci ricorda il *raddrizzatore a due vie* descritto nella Dispensa N. 13. Rileggiamo quanto è stato spiegato a tale proposito. In ciascuna semionda della corrente alternata funziona un solo circuito anodico; l'altro è interdetto, ossia *la placca è negativa rispetto al catodo. Una cosa simile avviene nello schema della figura 46.* Le polarizzazioni di griglia sono scelte in modo, che il punto di lavoro venga a trovarsi nel ginocchio inferiore. La *corrente anodica* passa soltanto, quando alla griglia della valvola considerata si presenta la *semionda positiva* della tensione alternata di griglia. In tal modo, ad ogni semionda, lavora una sola valvola. *Nella prima semionda* la corrente passa, per esempio, attraverso il *trasformatore Tr* e la *valvola I*; *nella seconda semionda,* attraverso il *trasformatore Tr* e la *valvola II.* L'andamento della corrente corrisponde, ad ogni semionda, al diagramma della fig. 47. Il *secondario del trasformatore anodico,* al quale è allacciato l'altoparlante, *non si accorge* che le valvole lavorano ora l'una, ora l'altra. Nel secondario si manifesta infatti una normale tensione alternata, capace di eccitare l'altoparlante. Il *trasformatore di griglia* distribuisce, per così dire, le semionde fra le due valvole; il *trasformatore anodico* le riunisce di nuovo, a formare la corrente alternata. Comprenderete dunque che, anche in questo modo, è possibile un'amplificazione fedele; possiamo anzi dirvi che, *negli amplificatori di potenza,* per esempio per l'alimentazione dell'altoparlante, questo sistema, in rapporto alle distorsioni, funziona meglio ancora dell'*amplificatore in classe A.*

Si hanno però ancor meno distorsioni, quando la polarizzazione non viene fatta così fortemente negativa. Le due valvole lavorano allora di nuovo in *classe A.* Ricordiamo quindi in modo particolare:

L'amplificatore in controfase di classe A è quello che presenta le minime distorsioni e quindi la migliore fedeltà.

Per la completezza, citiamo inoltre gli *amplificatori di classe A-B.* Se avete seguito bene quanto vi abbiamo esposto, capirete subito di che si tratta. L'*amplificatore in classe A* lavora *nel mezzo della caratteristica.* Quello *in classe B nel ginocchio inferiore. Nella classe A-B il punto di lavoro può essere scelto entro i limiti determinati dalle classi A e B.* Vogliamo infine trattare brevemente anche dell'*amplificatore in classe C.* In esso *il punto di lavoro è spostato ancora molto di più verso sinistra* (fig. 48), tanto che, in assenza della tensione alter-

nata di griglia, non passa assolutamente alcuna corrente anodica. La corrente anodica si ha soltanto durante le punte maggiormente spostate verso destra della tensione alternata di griglia. Con questa disposizione la corrente continua, consumata senza rendimento, è ridotta in modo particolare; questo sistema è impiegato perciò soprattutto *nelle grandi stazioni radiotrasmittenti*. Per diminuire le distorsioni, che altrimenti sarebbero intollerabili, si impiega la *classe C esclusivamente con collegamento in controfase*.

Abbiamo visto così la classificazione degli amplificatori in base al punto di lavoro. In tale occasione avete conosciuto anche lo schema in controfase, importantissimo, soprattutto *nei trasmettitori* e *negli amplificatori finali*. Nella prossima Dispensa vedremo altri esempi di schemi, trattando della classificazione degli amplificatori *secondo il genere della resistenza anodica.*

Risposte alle domande di pag. 22

1. I *trasmettitori a scintille* erano usati agli inizi della telegrafia senza fili e producevano le onde di trasmissione mediante scariche elettriche.
2. Gli schemi di trasmissione sono basati sul principio della reazione.

COMPITI

1. Disegnate lo schema completo dell'alimentatore di un apparecchio radio per corrente alternata, con valvole della serie A, dotato di filtro (raddrizzamento a due vie).

2. Calcolate l'effetto filtrante di un'impedenza da 25 H e di un condensatore da 11 μF per un raddrizzatore a una via (frequenza della rete = 50 Hz).

3. Calcolate l'impedenza

   a) del collegamento in serie,

   b) del collegamento in parallelo, di un condensatore da 200 pF e di una resistenza da 200 kΩ, alla frequenza di 6000 Hz.

4. Calcolate l'ammettenza del collegamento in parallelo di un'induttanza da 2 H con una resistenza da 2000 Ω, a 50 Hz.

5. Qual è la differenza tra le valvole della serie E, U e V?

6. Che significa la sigla DDD11?

7. Quali sono le sigle che contraddistinguono le valvole finali?

8. Perchè nell'alfabeto Murray si richiede che la durata di ogni segnale sia uguale?

9. Come sono disposte le barre di codice di trasmissione per le lettere *E* e *U*?

10. Perchè nelle telescriventi la scrittura non deve richiedere maggior tempo della trasmissione?

11. Quali sono i compiti del motore nell'apparecchio telescrivente-ricevente?

12. Spiegate per quale funzione delle telescriventi è necessario avere il sincronismo.

13. Spiegate come mai l'impiego di batterie di bottiglie di Leida permise di ottenere delle maggiori portate dei trasmettitori a scintille.

14. Schizzate lo schema di un trasmettitore a valvole e spiegatene brevemente il funzionamento.

FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 16

Formula N.

(58-a) Ammettenza nel collegamento in parallelo (circuito induttivo) = $\sqrt{G_{att}^2 + G_{ind}^2}$ . . . . . . *pag.* 7

(58-b) Ammettenza nel collegamento in parallelo (circuito capacitivo) = $\sqrt{G_{att}^2 + G_{cap}^2}$ . . . . „ 7

(59-a) Impedenza nel collegamento in parallelo (circuito induttivo) = $\sqrt{\frac{1}{\frac{1}{R_{att}^2} + \frac{1}{R_{ind}^2}}}$ . . . . „ 7

(59-b) Impedenza nel collegamento in parallelo (circuito capacitativo) = $\sqrt{\frac{1}{\frac{1}{R_{att}^2} + \frac{1}{R_{cap}^2}}}$ . . . . . . „ 8

TABELLE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 16

Tabella N.

12 Significato della prima lettera della sigla delle valvole . „ 9

13 Significato della seconda e terza lettera della sigla delle valvole . . . . „ 11

DISPENSA N°. 17

CORSO DI TECNICA DELLE
TELECOMUNICAZIONI
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA

ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 17

Riassunto della materia trattata nella dispensa precedente . . . *pag.* 1
Radiotecnica . . . „ 1
La classificazione degli amplificatori . . . „ 1
Classificazione in base all'impedenza anodica . . . „ 2
1) L'amplificatore a resistenza . . . „ 2
2) L'amplificatore a trasformatore . . . „ 3
3) L'amplificatore a bobina d'impedenza . . . „ 6
4) L'amplificatore a risonanza . . . „ 6
L'amplificatore a filtro di banda . . . „ 9
Domande . . . „ 9

Telegrafia . . . „ 9
La telescrivente . . . „ 9
La telescrivente Lorenz . . . „ 10
Il trasmettitore . . . „ 10
Il ricevitore . . . „ 10
Il meccanismo di scrittura . . . „ 11
Domande . . . „ 11
Risposte . . . „ 11

Radiotecnica . . . „ 12
Il ricevitore ad amplificazione diretta . . . „ 12
Il ricevitore a conversione di frequenza . . . „ 12
I ragionamenti che conducono alla supereterodina . . . „ 12
L'oscillatore . . . „ 13
La media frequenza . . . „ 14
La selettività della supereterodina . . . „ 14
L'allineamento . . . „ 14
Domande . . . „ 15

Telegrafia, Telefonia . . . „ 15
Linee aeree e cavi . . . „ 15
La linea aerea . . . „ 15
Le proprietà delle linee . . . „ 17
L'impedenza caratteristica . . . „ 17
Domande . . . „ 19
Risposte . . . „ 19

Elettrotecnica generale . . . „ 20
Circuiti con induttanza e capacità . . . „ 20
Collegamento in serie di induttanze e capacità . . . „ 20
Il circuito di risonanza in serie con perdite . . . „ 21
Collegamento in parallelo di induttanze e capacità . . . „ 21
Il circuito di risonanza in parallelo con perdite . . . „ 23
La resistenza di risonanza . . . „ 23
Domande . . . „ 24

Radiotecnica . . . „ 24
Disturbi e protezione contro gli stessi . . . „ 24
Le cause dei disturbi . . . „ 24
La propagazione dei disturbi . . . „ 25
I mezzi di protezione contro i disturbi . . . „ 26
Risposte . . . „ 27
Domande . . . „ 27
Risposte . . . „ 28

Compiti . . . „ 28

RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Affinchè la nuova materia di studio vi riesca più facile, riassumiamo, come al solito, i concetti più importanti della Dispensa precedente.

Nella Dispensa N. 16 ci siamo occupati dapprima dei mezzi adottati per sostituire la fastidiosa batteria negli apparecchi radio. Conoscete le parti più importanti dell'alimentatore applicato alla rete, che sono il *trasformatore d'alimentazione* e la *valvola raddrizzatrice*. La necessità di eliminare i disturbi, e quindi di *livellare* la corrente continua ricavata dalla corrente alternata, ha richiesto la nostra particolare attenzione. Facendo seguito alle spiegazioni sui *filtri di livellamento*, abbiamo descritto in un interessante Capitolo i *condensatori elettrolitici* ed il loro funzionamento.

È venuta poi, nel campo dell'*Elettrotecnica generale*, l'importante trattazione sul *collegamento in parallelo di resistenze e reattanze*. Ricorderete i triangoli, nei quali l'angolo retto esprime lo sfasamento di 90° esistente in una reattanza tra la tensione e la corrente. Le formule ivi citate permettono di calcolare senz'altro l'*ammettenza* e l'*impedenza*.

Per voi il Capitolo più importante era forse quello in cui si spiegava la *chiave* della designazione delle valvole europee. Ora infatti conoscete il significato delle misteriose lettere e dei numeri riportati sulle valvole.

Ripetiamo brevemente: La prima lettera contraddistingue l'*accensione* ed esprime quindi la tensione oppure la corrente di filamento. La seconda ed eventualmente, nelle valvole multiple, la terza lettera, denotano la *disposizione interna* del sistema elettronico. Il numero posto al termine della sigla indica il *tipo costruttivo*, particolarmente sullo zoccolo delle valvole. Nello stesso tempo, serve a distinguere tra loro i vari *modelli*. La serie Rimlock e la serie Pico sono ormai vostre conoscenze e sapete anche che cosa siano le *valvole per corrente alternata* e le *valvole universali*.

ABL1 significa, per esempio: *Valvola per corrente alternata con 4V d'accensione, sistema multiplo costituito da un doppio diodo e da un pentodo finale, modello 1 con zoccolo a contatti laterali.*

Dopo la descrizione del *telescrittore Hughes* attendevate sicuramente con grande curiosità la descrizione di una telescrivente moderna. La *sincronizzazione start-stop* consente di ottenere un buon sincronismo, senza che occorra una difficile messa in passo, prima dell'uso dell'apparecchio.

In relazione ai *cinque impulsi di codice* costituenti l'*alfabeto Murray*, occorrono altrettante *barre di codice* di trasmissione e di ricezione. Per non caricarci eccessivamente di nozioni estranee all'elettrotecnica, abbiamo accennato solo molto brevemente agli interessanti *organi meccanici di trasmissione* ed al *dispositivo di scrittura*.

Un Capitolo dapprima piuttosto divertente era quello sui *trasmettitori a scariche*. La successiva descrizione di alcuni schemi di *trasmettitori a valvole* richiedeva invece una maggiore attenzione.

Nell'ultimo Capitolo ci siamo basati sulla posizione del punto di lavoro della valvola per stabilire una *classificazione degli amplificatori*.

La nuova Dispensa vi svelerà altri segreti, per cui presto potrete annoverarvi tra i conoscitori della tecnica delle telecomunicazioni.

RADIOTECNICA

LA CLASSIFICAZIONE DEGLI AMPLIFICATORI

Nella Dispensa precedente abbiamo assunto la posizione del punto di lavoro della valvola termoionica come criterio per la classificazione degli amplificatori. A questo proposito ricordiamo nuovamente l'*amplificatore in controfase*, col quale si evitano le distorsioni, senza che sia necessario portare il punto di lavoro nel mezzo del tratto rettilineo della caratteristica dinamica.

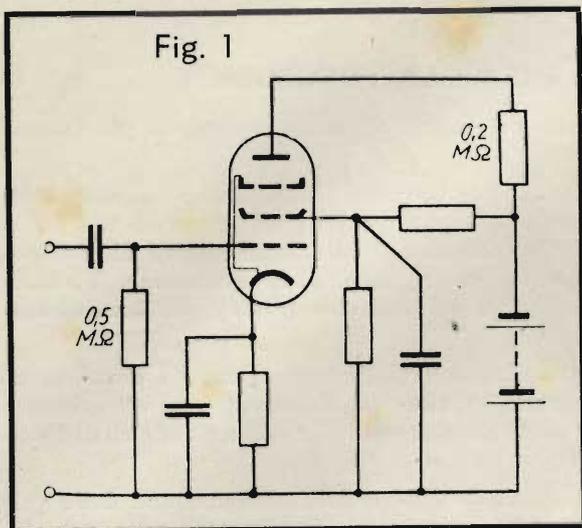
Consideriamo ora la *classificazione basata sulla resistenza anodica*. Naturalmente anche in questo caso non possiamo citare altro che le possibilità di principio, senza pretendere di considerare, anche solo approssimativamente, tutte le varietà che si possono presentare negli schemi realizzati in pratica.

Comunque osserviamo subito che, contrariamente a quanto abbiamo visto finora, nei circuiti anodici si possono avere non solo delle *resistenze*, ma anche delle *reattanze* di varia specie, cosicchè, in via generale, è più

esatto parlare di *impedenza anodica*. Poichè ormai voi conoscete bene le impedenze ed il loro comportamento in corrente alternata, possiamo iniziare senz'altro le nostre spiegazioni.

Classificazione in base all'impedenza anodica

1) L'amplificatore a resistenza

Torniamo a una vecchia conoscenza. È stata soltanto la resistenza anodica che ci ha permesso di definire che cosa sia l'*amplificazione di una valvola*. Sapete in qual modo la pura amplificazione di tensione dipenda dal valore della resistenza anodica. Nella fig. 1 è rappresentato uno schema simile a quello della fig. 4 nella Dispensa N. 14. Solamente abbiamo modificato ora alcuni particolari, giovandoci delle maggiori cognizioni acquisite nel frattempo. Così abbiamo inserito un *pentodo* in luogo del triodo disegnato nella Dispensa N. 14; ciò consente un'amplificazione di tensione assai superiore. Non vi stupirete, inoltre, di trovare nello schema *una sola batteria*, in luogo della quale, verrà naturalmente, inserito in pratica un *alimentatore dalla rete*. Fin qui lo schema con la resistenza catodica e quella di griglia-schermo, in parallelo alle quali sono inseriti altrettanti condensatori, non presenta nulla di nuovo.

La tensione alternata, che si manifesta ai capi della resistenza anodica, deve essere però utilizzata ulteriormente, dovendosi applicare alla griglia della valvola successiva, per ottenere una seconda amplificazione. È ovvio che la tensione continua, pure applicata alla resistenza, non deve poter giungere alla griglia della valvola seguente. Si presenta così nuovamente il problema di *separare la tensione continua da quella alternata*.

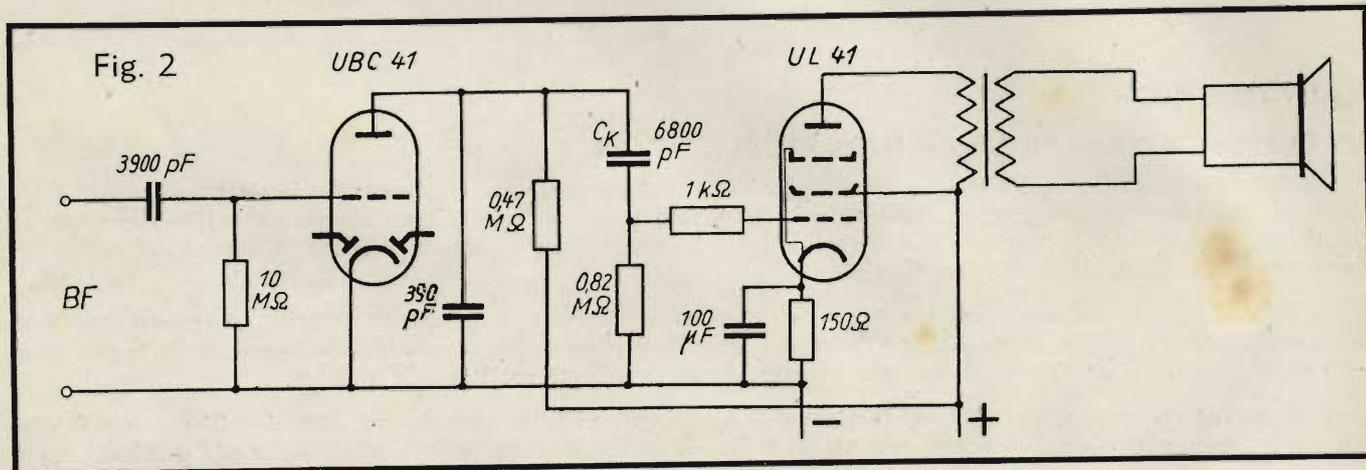
Il problema è risolto, anche in questo caso, mediante l'impiego di un *condensatore*, col quale si blocca la corrente continua, lasciando passare praticamente indisturbata la corrente alternata.

Esso è denominato « *condensatore d'accoppiamento* » (contrassegnato con C_k nella fig. 2), perchè accoppia le due valvole, trasmettendo la tensione alternata dalla placca della prima alla griglia della seconda.

La fig. 2 mostra uno *stadio d'amplificatore a resistenza con accoppiamento a condensatore*. (Si chiama « *stadio d'amplificatore* » la *valvola con la resistenza anodica e con gli elementi necessari per fissare il punto di lavoro*). Questo schema appartiene a un moderno apparecchio radio, il modello BX 290 U della nota ditta Philips.

Le valvole usate appartengono alla *serie Rimlock* della Philips. Il collegamento del doppio diodo nella UBC41 per il momento non ci interessa ed è quindi omesso nello schema.

La *BF* raggiunge la griglia del triodo attraverso il *condensatore d'accoppiamento* da 3900 pF. Dato che manca una resistenza catodica e non viene nemmeno introdotta alcuna tensione continua, la griglia non ha alcuna polarizzazione; ciò nonostante non può manifestarsi alcuna sgradita *corrente di griglia*, essendo quest'ultima collegata attraverso una resistenza da 10 M Ω.

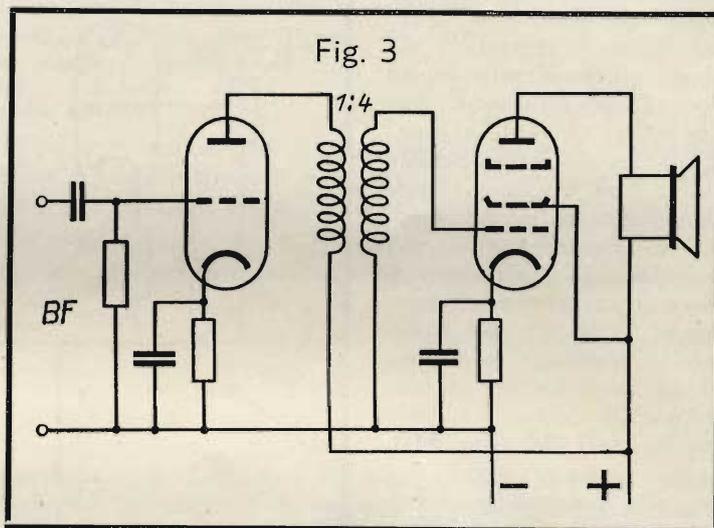
L'uscita del triodo è cortocircuitata da un condensatore da 390 pF, avente il compito di ridurre l'amplificazione dell'*AF* che riuscisse eventualmente a passare, eliminandola così dalla successiva parte di *BF*. Segue l'importante *condensatore d'accoppiamento* C_k da 6800 pF, che, attraverso alla combinazione di resistenze, trasmette la tensione anodica alternata, separata dalla tensione continua, alla griglia della valvola finale. La

resistenza da 1 kΩ in collegamento diretto con la griglia, benchè provochi una leggera caduta della tensione applicata alla griglia stessa, è importante per evitare disturbi. Infatti, se essa non ci fosse, la *valvola finale* potrebbe trasformarsi con facilità in una *trasmittente* e produrre delle oscillazioni disturbatrici. Ma di ciò riparleremo quando discuteremo lo schema completo di un apparecchio radio. La tensione alternata, che contiene il programma musicale o parlato della radiotrasmissione, è pervenuta così, attraverso l'importante condensatore da 6800 pF, alla griglia della valvola finale. Nel circuito anodico di questo pentodo finale è inserito un *trasformatore*, al secondario del quale è allacciato *l'altoparlante dinamico*, come abbiamo già spiegato nella Dispensa N. 8. Parleremo ancora dell'accoppiamento con trasformatore. Vi abbiamo mostrato un amplificatore per *BF* con accoppiamento a resistenza, perchè è molto usato negli apparecchi radio costruiti attualmente. Naturalmente, l'*amplificatore a resistenza* si impiega negli apparecchi di classe, e nei *ricevitori televisivi* anche nella parte d'*AF*. In tal caso, la differenza più evidente, rispetto all'amplificatore ora descritto, è costituita dai *condensatori d'accoppiamento*, che sono sensibilmente *più piccoli* (poche centinaia di pF).

2) L'amplificatore a trasformatore

Durante le nostre precedenti spiegazioni, in cui abbiamo accennato alla separazione della tensione anodica alternata da quella continua, avrete certamente pensato che, a questo scopo, potrebbe rendere utili servizi anche un *trasformatore*. Questo non trasferisce infatti che le *tensioni alternate*, trattenendo la tensione anodica continua e agendo quindi proprio come si richiede per attuare l'accoppiamento alla griglia della valvola successiva. Forse vi verranno ora dei dubbi, poichè nelle Dispense NN. 12 e 13 avete appreso che, per ottenere un'amplificazione elevata, è indispensabile la presenza di una *resistenza inserita nel circuito anodico*. Come stiamo a questo riguardo col trasformatore? Se non una resistenza degna di nota, abbiamo pur sempre una *reattanza induttiva*, e poichè ci interessano soltanto le tensioni alternate, essa può svolgere la medesima funzione. È necessario, però, che il valore dell'induttanza sia scelto in modo da ottenere una *reattanza sufficiente per le frequenze da amplificare*. Rammentando la formula $R_{ind} = 2\pi \cdot f \cdot L$, risulta che, per i trasformatori d'accoppiamento per *BF*, ci vogliono molte spire e un nucleo di ferro tutto chiuso.

Nei trasformatori da impiegare per l'accoppiamento dell'*AF* bastano invece, relativamente, poche spire, secondo la frequenza.

Dopo questi ragionamenti, osserviamo uno stadio amplificatore per *BF* con accoppiamento a trasformatore (fig. 3). L'entrata corrisponde alla fig. 2.

Nel circuito anodico del triodo è inserito il *primario di un trasformatore*, il quale costituisce, per così dire, l'*impedenza anodica*. La tensione anodica amplificata si manifesta ai capi di questo avvolgimento. Consideriamo subito alcuni vantaggi particolari di questo schema. Per il nostro *amplificatore a resistenza* (Dispensa N. 12, fig. 46) abbiamo trovato che la corrente anodica continua produce nella resistenza anodica una caduta di tensione continua; caduta assolutamente superflua, dato che a noi occorre soltanto la *caduta di tensione alternata*. Lavorando con elevate resistenze anodiche si è pertanto costretti a impiegare delle *tensioni continue molto alte*, affinchè la tensione anodica residua non risulti troppo bassa e il punto di lavoro non vada a finire nel tratto curvo della caratteristica.

L'effetto esercitato dal trasformatore sulla corrente continua è evidentemente diverso. Infatti la sola resistenza agente sulla corrente continua è la piccola *resistenza ohmica dell'avvolgimento primario*. L'*impedenza per la corrente alternata*, così importante per ottenere l'amplificazione, è costituita invece dall'*induttanza del trasformatore*. Di conseguenza la *tensione anodica* è solo di poco inferiore alla *tensione continua applicata* (che abbiamo sempre chiamato « *tensione della batteria* »).

A parità di amplificazione l'*amplificatore a trasformatore* consente quindi di ottenere un punto di lavoro conveniente, con una tensione di batteria notevolmente più bassa che non nel caso dell'amplificatore a resistenza. Finora abbiamo esaminato il lato primario del trasformatore. Consideriamo quindi anche il *secondario* e la *tensione alla griglia della valvola successiva*. Abbiamo già accennato al fatto che l'impiego del trasformatore consente di trattenere la tensione continua. Voi vi aspettate però sicuramente un altro effetto, che si può ottenere con un trasformatore. Alla griglia della valvola successiva occorre una *tensione alternata particolarmente elevata*; la *potenza* in corrente alternata, invece, non interessa. Sorge evidente l'idea di usare un *trasformatore con differente numero di spire al primario e al secondario*. Poichè il circuito di griglia non costituisce praticamente alcun carico, col trasformatore si può ottenere una *moltiplicazione della tensione, rispetto al primario*, in un rapporto che va da 3:1 fino a 10:1. Nel nostro esempio (fig. 3) è stato scelto 4:1. Un limite per il rapporto di trasformazione è dato dalla più favorevole impedenza anodica per la valvola e dalle perdite che si hanno nel trasformatore. In pratica l'*amplificatore a trasformatore* per *BF* viene impiegato soltanto *dopo*

un triodo. Coi *pentodi* infatti l'aumento di tensione ottenibile non è tale da ripagare il maggior costo del trasformatore.

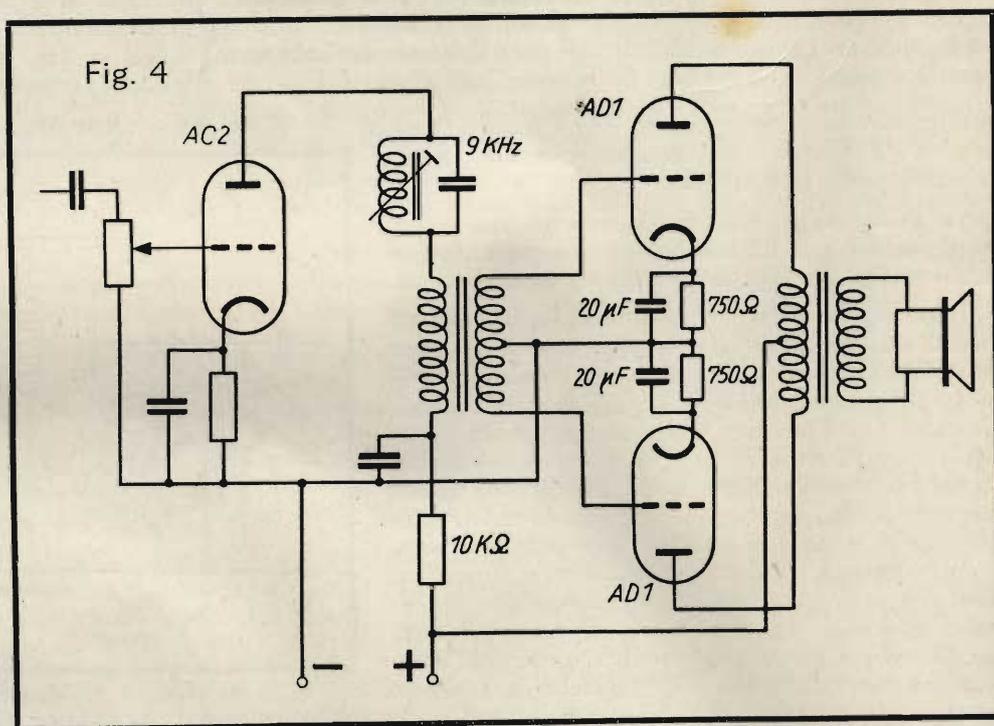
Se voi ora esaminaste una serie di schemi di apparecchi radio costruiti dall'industria, sareste sorpreso di constatare come siano rari gli *amplificatori con accoppiamento a trasformatore*. Nella parte in *AF* il puro accoppiamento a trasformatore non è usato; vi si trovano generalmente dei *circuiti accordati*, dei quali tratteremo più esattamente. D'altra parte possiamo tuttavia notare che gli *amplificatori con accoppiamento a trasformatore* sono usati molto frequentemente *nei ricevitori televisivi*. Maggiori particolari in proposito seguiranno in un apposito Capitolo.

Una breve riflessione sul costo dell'*amplificatore a trasformatore*, in confronto a quello dell'*amplificatore con accoppiamento a resistenza* spiega la rarità del primo. Un trasformatore per *BF* viene infatti a costare molto di più di una resistenza e di un condensatore d'accoppiamento. Come abbiamo accennato, i pentodi consentono oggi di rinunciare con facilità al guadagno di tensione ottenibile col trasformatore.

Il fatto che la caduta della tensione continua nella resistenza anodica non abbia maggior peso per sconsigliare l'uso dell'*amplificatore a resistenza*, dipende dalla circostanza che esiste già una tensione continua superiore, occorrente per lo stadio finale, dimodochè la caduta di tensione nella resistenza anodica è addirittura necessaria.

Vediamo ora tuttavia due campi nei quali l'*amplificatore a trasformatore* è ancora usatissimo.

a) L'amplificatore in controfase

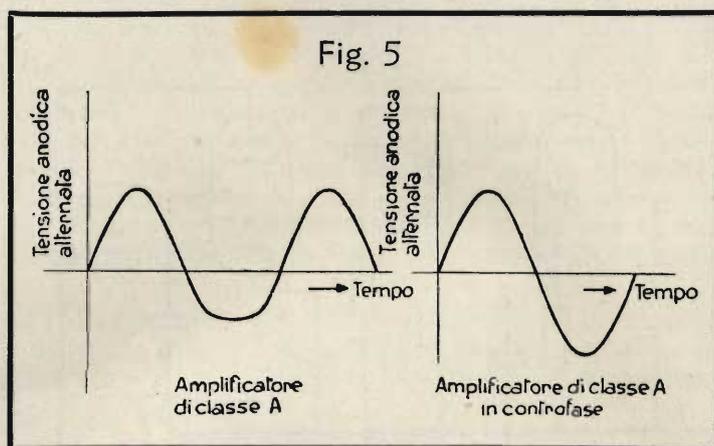
Nella Dispensa precedente abbiamo insistito sul fatto che il trasformatore costituisce addirittura una parte indispensabile dell'*amplificatore in controfase* nella sua forma originale. Abbiamo già esaminato questo tipo di amplificatore con particolare riguardo al punto di lavoro delle valvole usate. Ora vogliamo invece soffermarci maggiormente sui *trasformatori usati nei circuiti di griglia e di placca* e sui *particolari schematici*. Nella fig. 4 è riportato nuovamente lo schema di un *amplificatore in controfase di classe A*, con triodi finali del tipo AD1, usato sovente per questo scopo. Per trasmettere all'altoparlante la necessaria potenza, questa valvola richiede una *tensione di griglia* relativamente assai *elevata* (circa 25 V), per la qual cosa occorre che la valvola precedente possa erogare una forte tensione alternata anodica.

Un'altra cosa richiamerà subito la vostra attenzione: il *circuito oscillante accordato su 9 kHz. Questo dispositivo*, che si ritrova nello stadio *BF* dei migliori apparecchi, è chiamato « *blocco dei 9 kHz* ». I 9 kHz vi sono noti dalla Dispensa N. 15, fig. 3, come intervallo di frequenza delle radiotrasmittenti nella gamma delle onde medie. Disgraziatamente la *differenza di due frequenze di trasmissione adiacenti* si manifesta nell'apparecchio ricevente sotto forma di *disturbo*, e precisamente di un *fischio molto acuto*. L'effetto del blocco è facilmente spiegato. Nella Dispensa N. 11 trovate che il collegamento in parallelo di una bobina e di un condensatore consente di ottenere una resistenza molto elevata per una determinata frequenza. Ciò significa, nel nostro caso, che una corrente dalla frequenza di 9 kHz non può praticamente più attraversare il trasformatore d'accoppiamento, e che quindi il disturbo dei 9 kHz non è più percepibile alle valvole finali.

La *bobina del circuito di blocco* dei 9 kHz è dotata di qualcosa di nuovo. Il tratto che rappresenta il nucleo di ferro vi è già noto. La riga inclinata, che attraversa l'avvolgimento e termina con un breve tratto trasversale, sta a indicare la *possibilità della messa a punto*. Il circuito deve infatti poter essere accordato sui 9 kHz; questa possibilità di regolazione si esprime col simbolo citato.

Fatte queste osservazioni preliminari, esaminiamo brevemente l'effettivo circuito in controfase. Con l'aiuto

del trasformatore si producono, in modo molto semplice, *due tensioni alternate di griglia* sfasate tra loro di 180°, necessarie per il comando delle valvole finali. Il trasformatore deve essere fondamentalmente identico, come schema, a quello usato nel *raddrizzatore a due vie*, poichè anche in quel caso si richiede che gli anodi delle due raddrizzatrici siano alternativamente positivi o negativi. Ciò significa, in altre parole, che i due terminali del secondario devono presentare, verso la presa intermedia, *tensioni di fase opposte*. Per avere un buon *amplificatore in controfase* è quindi *indispensabile che il secondario abbia la presa intermedia esattamente nel centro e che le due metà dell'avvolgimento siano effettivamente eseguite nel modo più uguale possibile;* è quindi da evitare, ad esempio, di avvolgere una metà direttamente sopra l'avvolgimento primario e la seconda metà sopra la prima.

Le tensioni di fase opposta applicate alle griglie producono correnti di fase opposta nelle valvole. Osserviamo qui che il trasformatore d'entrata degli stadi in controfase è oggi sostituito assai spesso da una cosiddetta « *valvola invertitrice di fase* ». Ma di ciò tratteremo in altra occasione.

Come il *trasformatore di griglia* produce le *tensioni di griglia di fase opposta*, così *il trasformatore di placca* combina nuovamente le *correnti anodiche di fase opposta*, in modo da ottenere al suo secondario una *normale tensione alternata*. Quindi, mentre il *trasformatore di griglia* possiede la *presa centrale nel secondario*, il *trasformatore anodico* la possiede *nel primario*. Inoltre lo *schema in controfase* presenta sempre il vantaggio di *trattare la semionda positiva e quella negativa nell'identica maniera*, a condizione che il circuito sia veramente simmetrico. La fig. 5 mostra come in un *normale amplificatore di classe A* le semionde inferiori siano appiattite, a causa della curvatura della caratteristica. Uno *schema simmetrico in controfase* consente invece di ottenere, in qualsiasi caso, *due semionde identiche*. Con ciò si garantisce una riproduzione praticamente esente da distorsioni.

b) L'adattamento dell'altoparlante alla valvola finale

Se si usa un *altoparlante dinamico*, il che avviene in tutti gli apparecchi di migliore qualità, non è possibile allacciare l'altoparlante *direttamente* alla valvola finale. Queste riflessioni non valgono soltanto per lo *stadio finale in controfase*, ma *per tutti i sistemi finali*. Tratteremo quindi i problemi che si pongono a questo proposito in modo assolutamente generale.

Posto che la *tensione anodica alternata* ammonti a 150 V e la *corrente anodica alternata* a 20 mA, la *potenza* resa dalla valvola finale ammonterà a $150 \cdot 0{,}02 = 3$ watt.

Una corrente di 20 mA rappresenta all'incirca il massimo che si può richiedere da una valvola. Il rapporto dei valori indicati della tensione e della corrente significa, secondo la legge di Ohm:

$$\frac{V}{I} = \frac{150}{0{,}02} = 7500 = R$$

Abbiamo calcolato in tal modo la *resistenza* o l'*impedenza* che il primario del trasformatore deve presentare e della quale va tenuto conto come della *resistenza anodica di lavoro della valvola*, necessaria per poter prelevare la potenza del valore favorevole di 3 watt.

Ma che cosa consuma l'altoparlante dinamico e che resistenza possiede? Le poche spire della bobina mobile raggiungono una resistenza di circa 5 ohm. Se i 3 watt, che la valvola può erogare, devono essere assorbiti dall'altoparlante, la *corrente circolante* si calcola come segue:

$$I^2 \cdot R = 3; \quad I^2 \cdot 5 = 3.$$

$$I^2 = \frac{3}{5} = 0{,}6, \text{ ossia } I \approx 0{,}775 \text{ ampère.}$$

Come vedete, si tratta di una corrente molto superiore ai 20 mA, che può dare la valvola. Poichè le due potenze sono uguali, il rimedio è facile. Basta introdurre tra la valvola e l'altoparlante un trasformatore, il quale trasformi i 20 mA in 0,775 ampère. Nella Dispensa N. 5 avete appreso che le correnti, negli avvolgimenti dei trasformatori, si comportano in modo contrario a quello delle tensioni. Il *rapporto delle correnti* è $\frac{0{,}02}{0{,}775} = 0{,}0258 = 1 : 39.$

Il *rapporto del trasformatore* dev'essere quindi 39 : 1.

Nei trasformatori di questo genere, usati negli stadi finali, non si indica però il rapporto di trasformazione, bensì il *rapporto delle resistenze*. Nel nostro esempio il rapporto sarebbe quindi di 7500 ohm a 5 ohm. L'indicazione della resistenza corrisponde meglio alle specifiche delle valvole, dato che queste precisano la resistenza anodica più favorevole. In un certo senso, si può dire che il trasformatore trasformi, per la valvola finale, la resistenza di 5 ohm dell'altoparlante nella resistenza anodica più favorevole. Per questa ragione esso

si chiama « *trasformatore di adattamento* ».

Nel caso dello *schema in controfase* il trasformatore anodico ha quindi un doppio compito: in primo luogo deve *ricombinare le correnti di fase inversa* che attraversano le valvole; in secondo luogo serve per *adattare l'altoparlante*, che è di basso valore ohmico, all'uscita delle valvole.

3) L'amplificatore a bobina d'impedenza

Per completare la nostra descrizione citiamo anche l'*amplificatore a bobina d'impedenza*. Osserviamo però subito che si tratta di un tipo *quasi non usato nei circuiti radio*. Si trova invece *abbastanza frequentemente nei circuiti di televisione*. Come dice il nome, *la resistenza anodica è sostituita in questo caso da una bobina di impedenza*, che funziona come impedenza anodica in virtù della propria induttanza, come il trasformatore nel tipo esaminato precedentemente.

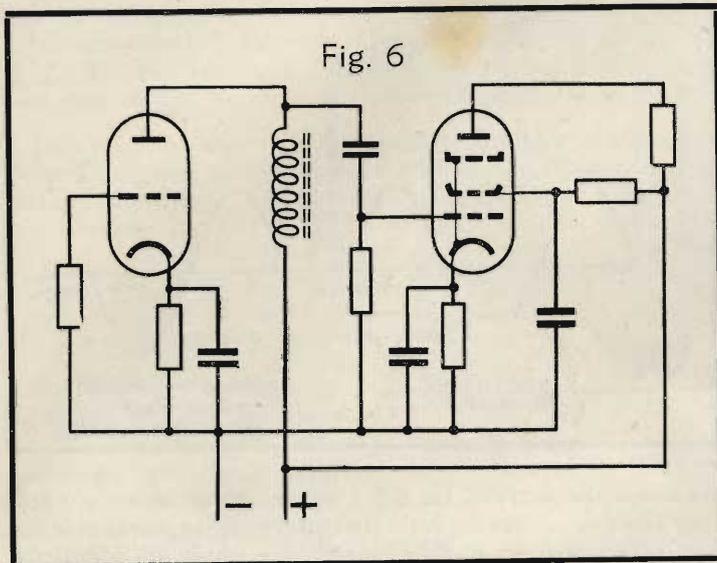



Fig. 6

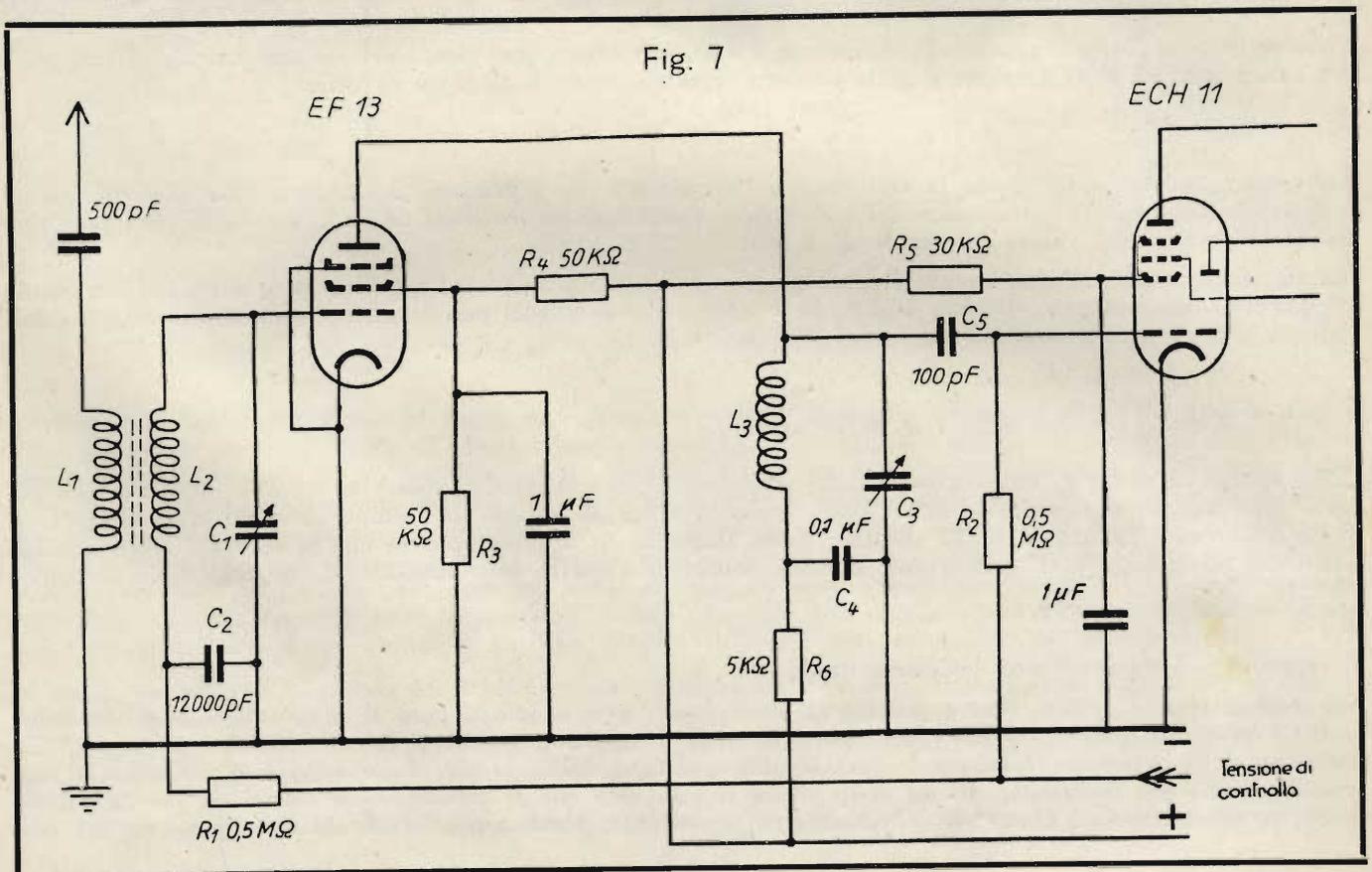
Lo schema della fig. 6 riporta le caratteristiche essenziali del dispositivo. Come nel caso dell'amplificatore a trasformatore, anche qui la *resistenza* che la bobina d'impedenza oppone alla corrente continua è *minima*, cosicchè quasi tutta la tensione di batteria viene a trovarsi sulla placca della valvola. Vedete però subito anche il *difetto* di questa disposizione.

La bobina d'impedenza non può servire, come il trasformatore, a separare la corrente continua dall'alternata. Bisogna usare, a questo scopo, un *condensatore d'accoppiamento*, come per l'amplificatore a resistenza. Tutto il resto è chiaro e facilmente comprensibile per voi. L'uso della *bobina d'impedenza* in luogo della resistenza è raccomandabile nei casi in cui si vogliano esaltare le frequenze alte in confronto di quelle basse. Sapete infatti che la impedenza induttiva della bobina aumenta col crescere della frequenza. Nello stesso tempo l'amplificazione dipende dal valore dell'impedenza anodica.

Consideriamo infine il tipo più importante di amplificatore per la radioricezione.

4) L'amplificatore a risonanza

Nella Dispensa N. 13 abbiamo accennato al fatto che il circuito oscillante, usato come resistenza anodica di

Fig. 7

un amplificatore, dovrebbe dare dei risultati particolarmente favorevoli. La frequenza sulla quale il circuito è accordato, viene amplificata, assieme alle frequenze adiacenti, in misura molto maggiore che tutte le altre frequenze. Nel circuito oscillante si manifesta una *risonanza elettrica*, simile alla risonanza del pendolo, di cui abbiamo parlato nella Dispensa N. 6. È vero che non vediamo oscillare nulla, ma nell'altoparlante della nostra radio sentiamo che quella data frequenza è realmente privilegiata. Per queste ragioni il *circuito oscillante* è chiamato anche « *circuito di risonanza in parallelo* », dato che la bobina e il condensatore sono collegati in parallelo.

La parte principale dell'*amplificatore a risonanza*, costituito dal *circuito oscillante accordato* e anche dal *filtro di banda*, vi è già nota. L'esame di uno schema servirà per dare delle ulteriori spiegazioni. La fig. 7 mostra l'*entrata di un ricevitore d'alta classe* dotato di valvole d'acciaio e di due circuiti di risonanza d'*AF*. Nel conduttore d'antenna è inserito un *condensatore da 500 pF*, come protezione contro le tensioni a *BF*, che potrebbero esser raccolte dall'antenna. Lo schema riportato questa volta è perfettamente autentico. I *tratti orizzontali* nella parte inferiore dello schema rappresentano *linee d'alimentazione comuni a più stadi*. Il *tratto più spesso* rappresenta la cosiddetta « *massa* »: è il *collegamento col telaio metallico dell'apparecchio* (generalmente in lamiera d'alluminio). *Nei ricevitori alimentati in corrente alternata*, la *massa* viene posta direttamente *a terra* (nello schema, a sinistra in basso). Questo punto costituisce, nello stesso tempo, il *polo negativo dell'alimentatore*. Il *polo positivo*, dal quale vengono derivate le tensioni anodiche e di griglia-schermo, è rappresentato dalla *linea orizzontale più bassa*. Frammezzo è tracciata la *linea* che rappresenta l'*entrata della tensione di controllo*.

Nella Dispensa N. 15 avete appreso come questa venga prodotta. Ora ne vedete l'applicazione: la *tensione di controllo*, che è una tensione continua, fornisce la *polarizzazione negativa di griglia*. Quale sia lo scopo di questa tensione di controllo, ve lo spiegheremo fra breve; per ora sapete come si produce e come si applica.

La *bobina d'antenna* L_1, accoppiata con la L_2, trasmette l'alta frequenza al *primo circuito oscillante* L_2-C_1. Sarete dapprima un po' sorpreso, perchè questo circuito oscillante è un po' diverso da quelli soliti.

Nella fig. 8 è disegnato perciò un'altra volta il *primo circuito oscillante*, da solo.

La *capacità* di questo circuito è costituita dal collegamento in serie dei *condensatori* C_1 e C_2. Applicando la formula (18), riportata nella Dispensa N. 7, o meglio detta formula modificata, otteniamo:

$$C_{tot} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

Poichè il condensatore variabile C_1 può variare da 50 a 500 pF, si calcola per la posizione iniziale:

$$C_i = \frac{50 \cdot 12\,000}{50 + 12\,000} = \frac{60 \cdot 10^4}{1{,}205 \cdot 10^4} = 49{,}8 \text{ pF, e per quella finale: } C_f = \frac{500 \cdot 12\,000}{500 + 12\,000} = \frac{60 \cdot 10^5}{1{,}25 \cdot 10^4} = 480 \text{ pF.}$$

Come risulta dal calcolo, l'effetto del condensatore in serie C_2 è tanto minore, quanto più elevato è il suo valore. Nel nostro caso, il suo effetto è pressochè trascurabile all'inizio ed è ancora piccolo alla fine. Considerando solo l'*AF*, non occorre tener conto del condensatore C_2, almeno in un primo esame. È invece necessario che ci rendiamo ben conto dei rapporti di grandezza dei vari elementi. Lo scopo del condensatore C_2 risulta dallo schema.

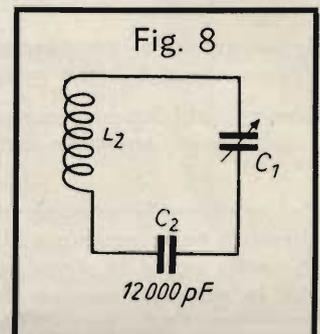
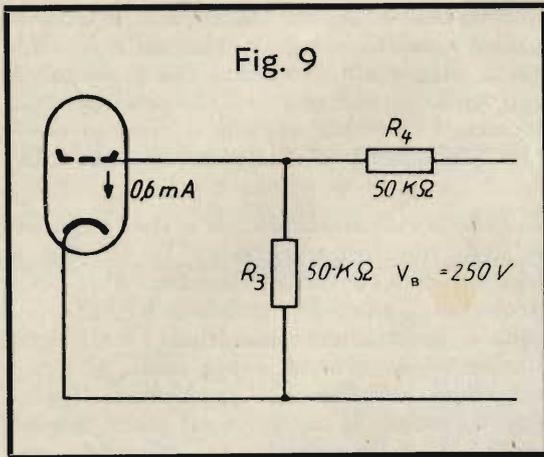
Lo statore del condensatore C_1 è collegato, infatti, con la *massa*. L'estremità inferiore della *bobina* L_2 non deve invece essere collegata con la massa, per non cortocircuitare la tensione di controllo. Per poter collegare la bobina L_2 a entrambe le estremità col condensatore C_1, senza cortocircuitare la tensione di controllo, si inserisce un condensatore C_2 di valore sufficientemente grande. Questo artificio viene usato assai spesso e lo ritroverete, per esempio, anche *nel secondo circuito oscillante* della fig. 7.

Nel circuito oscillante L_2-C_1 si ottiene così, grazie alla risonanza, una tensione d'*AF* della frequenza desiderata, la quale può essere utilizzata ulteriormente. Attraverso alla *resistenza* R_1 viene addotta la tensione di controllo che serve da polarizzazione di griglia.

Prima di occuparci del circuito anodico, osserviamo rapidamente la provenienza della tensione delle due griglie-schermo. La griglia-schermo è allacciata attraverso al *partitore di tensione* R_4-R_3 al polo positivo della tensione anodica. Va tenuto presente che attraverso R_4 passa anche la *corrente della griglia-schermo*, provocandovi una caduta di tensione. Sfruttando le nostre cognizioni, calcoliamo la tensione della griglia per il caso che la tensione continua, erogata dall'alimentatore, sia uguale a 250 V e la corrente di griglia-schermo a 0,6 mA (fig. 9).

Per risolvere il problema dobbiamo tener presente che la tensione di griglia-schermo V_{g2} è uguale alla tensione V_B diminuita della caduta di tensione nella resistenza R_4. Questa è attraversata dalla corrente che passa nella valvola e da quella che passa nella resistenza R_3. La corrente complessiva in R_4 è quindi $\frac{V_{g2}}{R_3} + 0{,}6$ mA.

Dopo questo ragionamento siamo in grado di stabilire un'equazione per V_{g2}.

Abbiamo detto che la *tensione di griglia-schermo* = *tensione di batteria* V_S — *caduta di tensione in* R_4;

$$V_{g2} = V_B - \left(\frac{V_{g2}}{R_3} + I_{g2}\right) . R_4 ;$$

e risolvendo per V_B:

$$V_B = V_{g2} + \left(\frac{V_{g2}}{R_3} + I_{g2}\right) . R_4$$

Inserendo i valori dati:

$$250 = \left(\frac{V_{g2}}{50 . 10^3} + 0,6 . 10^{-3}\right) . 50 . 10^3 + V_{g2}$$

$$250 = V_{g2} + 50 . 0,6 + V_{g2}.$$

Con l'aiuto delle regole apprese nella Dispensa N. 8 potete risolvere l'equazione e trovare l'incognita V_{g2}.

$$250 = 2\,V_{g2} + 30$$
$$2\,V_{g2} = 250 - 30$$
$$2\,V_{g2} = 220$$
$$V_{g2} = 110\ V$$

La tensione della griglia-schermo equivale quindi a *110 V*. Per controllo calcoliamo anche le correnti. La tensione ai capi di R_4 è 250 — 110 = 140 V, e quindi la corrente che attraversa tale resistenza è: $I = \frac{140}{50 \cdot 10^3} = \frac{14}{5} . 10^{-3} = \frac{28}{10} . 10^{-3} = 2{,}8\ mA.$

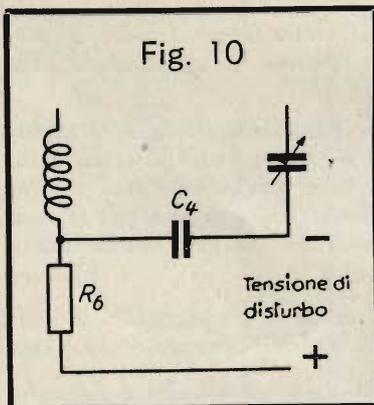
La corrente fluente in R_3 è invece: $\frac{V_{g2}}{R_3} = \frac{110}{50 . 10^3} = \frac{11}{5} . 10^{-3} = \frac{22}{10} . 10^{-3} = 2{,}2\ mA.$

Aggiungendo a questa corrente la corrente di griglia-schermo di 0,6 mA, si deve ottenere la corrente in R_4. Vedete che 2,2 + 0,6 = 2,8; quindi il conto torna.

Come vi abbiamo spiegato nella Dispensa N. 15, trattando della produzione della tensione di griglia-schermo, è necessario, anche in questo caso, che la griglia-schermo sia collegata a massa attraverso un condensatore da 1 μF.

Per ottenere la tensione di griglia-schermo della valvola seguente (si tratta di una *mescolatrice*, di cui spiegheremo nella prossima Dispensa i particolari ed il funzionamento), è prevista una sola *resistenza addizionale* R_5, nella quale la stessa corrente di griglia-schermo provoca la *caduta* di tensione occorrente. Naturalmente, anche in questo caso non deve mancare il condensatore da 1 μF.

Nel circuito anodico del pentodo EF 13 si ritrova il caratteristico *circuito di risonanza*, funzionante da *resistenza anodica*, costituito da L_3-C_3-C_4. Poichè la tensione anodica viene addotta alla placca attraverso alla bobina L_3, mentre il condensatore variabile C_3 è collegato da un lato alla massa, bisogna frapporre qui un *condensatore di grandezza conveniente*, cioè C_4 = 0,1 μF.

Nel *collegamento di placca* è inserito poi un altro elemento interessante. Si tratta della *resistenza* R_6, che voi riterrete certamente costituisca un *partitore di tensione*, per ottenere una tensione anodica più bassa. Questo però non è che un effetto secondario; d'altronde la caduta di tensione continua è molto piccola, dal momento che la corrente anodica ammonta soltanto a pochi milliampère. Invece R_6 costituisce, assieme al condensatore C_4, un *filtro d'AF*. Supponiamo che, attraverso all'alimentatore, arrivi un'alta tensione di disturbo, non importa se proveniente dalla rete o da un altro stadio amplificatore. Il complesso R_6-C_4 costituisce un *partitore di tensione* per tale *AF* (fig. 10). Come sapete, in questo caso, la tensione più elevata si trova sempre ai capi della resistenza maggiore. Per un calcolo approssimativo possiamo trascurare gli elementi inseriti in parallelo a C_4. Supponiamo che la frequenza del disturbo sia 600 kHz. La reattanza di C_4 a questa frequenza è:

$$R_{cap} = \frac{1}{2\pi . f . C_4} = \frac{1}{2\pi . 600 . 10^3 . 0{,}1 . 10^{-6}} = \frac{1}{12\pi . 10^{-2}} = \frac{100}{12\pi} \approx 2{,}65\ \text{ohm}$$

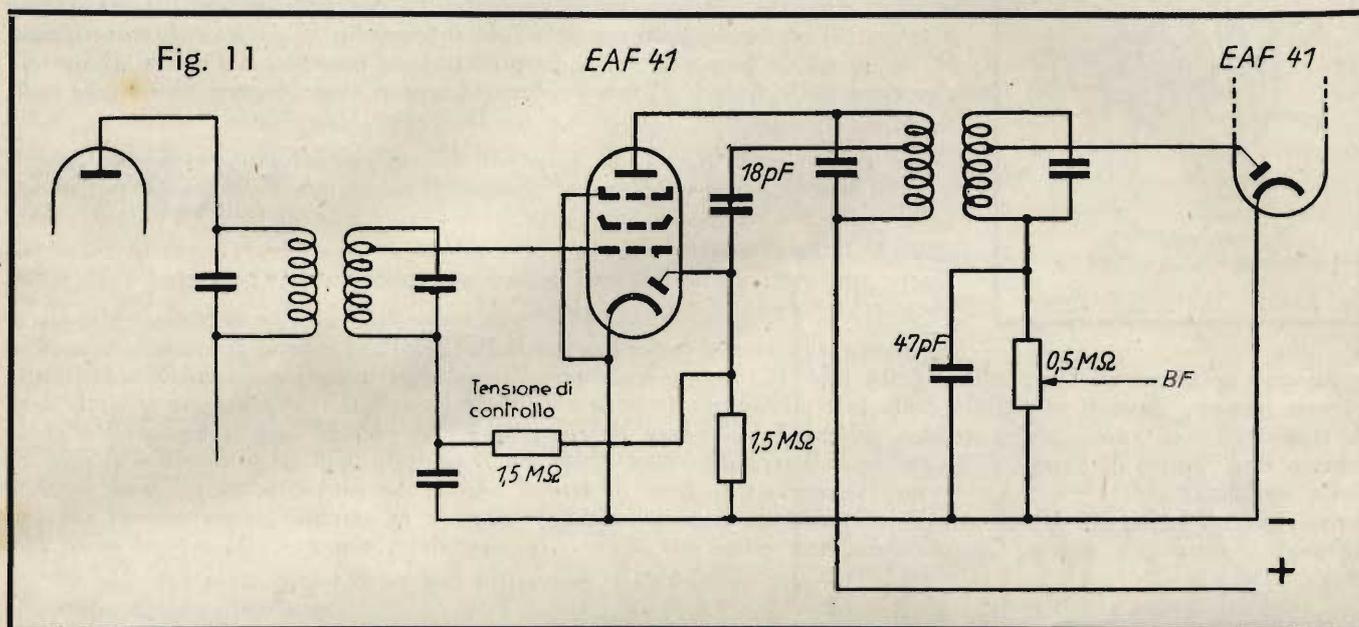
Vedete subito che questa resistenza di 2,65 ohm non sopporta che un'infima parte della tensione di disturbo, agente tra il più ed il meno. La parte di gran lunga preponderante della tensione di disturbo si consuma nella resistenza R_6 da 5 kΩ. Se la tensione del disturbo fosse, per esempio, 1 volt, rimarrebbero ai capi di C_4 soltanto $\frac{2{,}65}{5 \cdot 10^3} = 0{,}53 . 10^{-3} = 0{,}53$ mV.

Queste spiegazioni bastano per far comprendere la straordinaria importanza di questi filtri, ai quali soli si deve, in molti casi, la possibilità di alimentare parecchi stadi amplificatori attraverso la medesima sorgente di corrente continua, senza reciproci disturbi e accoppiamenti.

Avete potuto constatare così quanto sia interessante l'esame dei particolari di uno schema e quante cose nuove si imparino in tal modo.

Dopo le nostre spiegazioni sull'amplificazione delle valvole, sapete che la tensione anodica alternata amplificata si manifesta alle estremità del *circuito di risonanza* L_3-C_3. Ora si presenta il problema: « Come portare la tensione alla griglia della valvola successiva? ». Comprendete senz'altro che, anche in questo caso, ci vuole un *condensatore d'accoppiamento* (C_5). Basta un piccolo valore di capacità, dovendo passare soltanto l'*AF*. C_5 è perciò uguale a 100 pF. La *seconda valvola*, la cosiddetta « *mescolatrice* », verrà discussa in seguito; per ora vi diciamo soltanto che è *la valvola più importante* della *supereterodina*.

L'amplificatore a filtro di banda

Nella Dispensa N. 15 vi abbiamo illustrato il *filtro di banda* e ne abbiamo dimostrato la superiorità sul semplice circuito di risonanza. Ripetiamo che il *filtro di banda* è costituito da *due circuiti accordati, accoppiati in modo assai leggero*, a differenza degli avvolgimenti di un trasformatore. Lo schema della fig. 11 non presenta grandi novità.

L'essenziale da osservare è il modo in cui viene effettuato l'accoppiamento dei *filtri di banda* nei circuiti di griglia e di placca. Per quanto riguarda l'*accoppiamento*, l'*ottenimento della sintonia e* la *riduzione della tensione continua* si riuniscono i vantaggi del *trasformatore* e del *circuito di risonanza*. Vi si trova anche lo *schema completo della produzione e dell'applicazione della tensione di controllo*. Per comprenderne l'effetto, dobbiamo spiegare prima il concetto del *controllo di volume* e della *valvola di controllo*. Le ultime spiegazioni vi hanno intanto fatto fare un bel progresso e presto sarete in grado di comprendere lo schema di un apparecchio radio a supereterodina.

Domande

1. Da che cosa deriva il nome di « *amplificatore a resistenza* »?
2. Quali sono le particolarità del trasformatore per la controfase?
3. Quali tipi di amplificatori richiedono l'uso di un condensatore d'accoppiamento?
4. Qual è il compito del trasformatore anodico nello schema di controfase?
5. Che differenza c'è tra la resistenza in corrente continua e quella in corrente alternata di un circuito di risonanza?
6. Che cos'è il collegamento a massa?

TELEGRAFIA

LA TELESCRIVENTE

L'ultima volta vi abbiamo spiegato, in linea di massima, il funzionamento della *telescrivente Siemens e Halske*. Desiderate però certamente sapere come il problema del *sincronismo parziale* sia risolto dalle telescriventi delle altre principali marche. Abbiamo già accennato al fatto che le moderne telescriventi devono tutte poter funzionare, il più possibile, in collegamento tra loro. Pensate un po' cosa accadrebbe se, nei collegamenti internazionali, le apparecchiature della stazione trasmittente e quelle della ricevente funzionassero con dei sistemi completamente differenti. Questa esigenza comporta necessariamente una *notevole somiglianza delle telescriventi*, anche se costruite da ditte diverse. Tuttavia, nell'ambito ammesso, molti particolari costruttivi sono differenti.

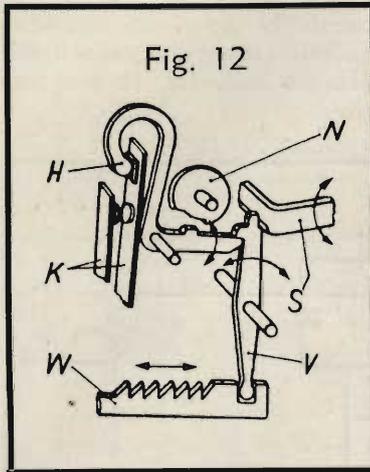
La telescrivente Lorenz

La telescrivente Lorenz è forse la più antica tra i tipi in uso. Il *principio start-stop* fu inventato, indipendentemente, da Kleinschmidt e da Krum, i quali fondarono poi insieme una società e svilupparono la telescrivente. Nel 1926 la ditta germanica Lorenz assunse in licenza la costruzione di questa telescrivente, che diffuse al punto, che essa è oggi conosciuta semplicemente come *telescrivente Lorenz*. Vi mostriamo ora, in ordine, le differenze che essa presenta nei confronti del *sistema Siemens*.

Il trasmettitore

Dovendo partire anche qui dall'*alfabeto Murray*, nel trasmettitore non ci sono quasi differenze. Come nell'*apparecchio Siemens*, la pressione sui tasti provoca lo spostamento delle cinque barre di codice di trasmissione. Esse si portano verso destra o verso sinistra, a seconda che si debbano emettere degli impulsi di *corrente* o di *assenza di corrente*. La *barra di codice di trasmissione W* (fig. 12) comanda, attraverso la *leva intermedia V*, la *leva di trasmissione H*. Se quindi la barra di codice è spostata, per esempio, a sinistra, il braccio superiore della leva *V* si muove verso destra e viene trattenuto in tale posizione dalla *staffa S*.

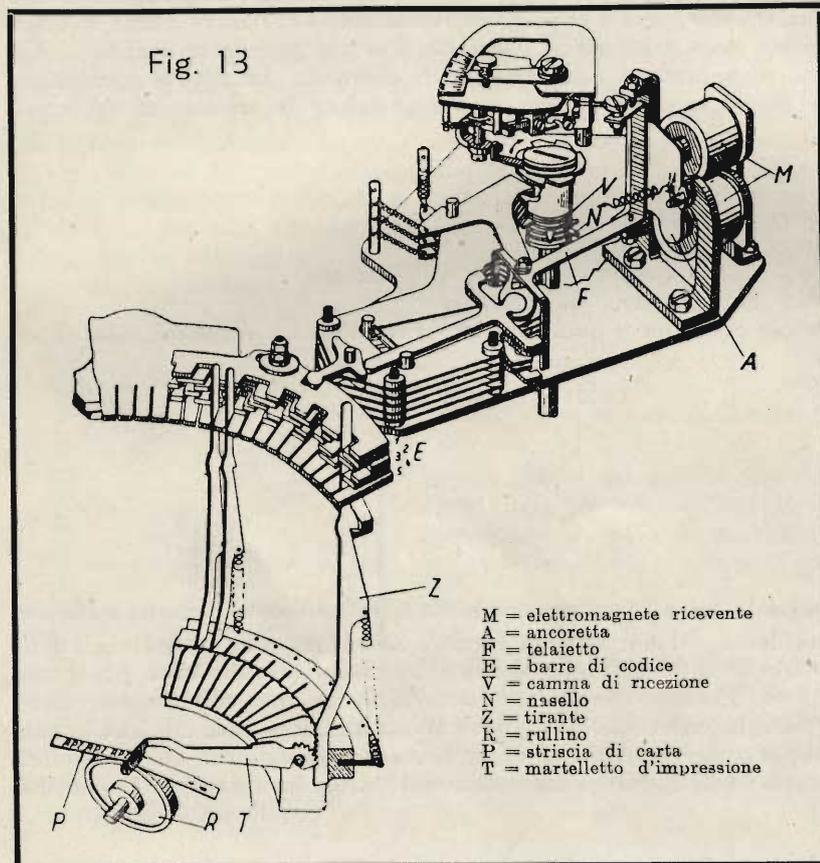
Come vedete nella figura, le barre di codice possiedono i medesimi intagli a dente di sega, come nel sistema Siemens. Il bloccaggio delle leve *V* per mezzo della staffa *S* è necessario, per assicurare l'emissione di tutti gli impulsi assegnati al tasto premuto.

Anche qui tutti gli impulsi di codice vengono trasmessi mentre l'albero di trasmissione compie una rotazione.

Seguiamo ancora il funzionamento nella fig. 12. La leva di trasmissione *H* si è dunque sganciata dall'appendice della leva *V*, spostandosi verso destra. Nel momento in cui l'incavo della *camma N* passa davanti al nasello della leva di trasmissione, questa cade in avanti. La parte curva della leva di trasmissione si sposta verso sinistra, liberando la *molla di contatto K*; si chiude così il contatto e viene emesso un impulso di *corrente*. Se invece la barra di codice fosse stata spostata nell'altro senso. l'appendice della leva intermedia *V* avrebbe tenuto agganciata la leva di trasmissione *H* e pertanto questa non avrebbe potuto cadere in avanti. Il contatto di trasmissione non si sarebbe chiuso e si sarebbe avuto quindi un impulso di *assenza di corrente*. Come vedete, non esiste una differenza essenziale, rispetto alla telescrivente Siemens.

Il ricevitore

Nella parte ricevente (fig. 13) si riscontrano maggiori differenze, rispetto al sistema precedentemente considerato. Naturalmente ci vuole sempre un *elettromagnete*; qui si nota però la *principale differenza*: *l'elettromagnete non possiede infatti cinque ancorette*, corrispondenti ai cinque impulsi di codice, *ma una sola ancoretta*. Nel *sistema Siemens*, per realizzare il comando delle ancorette, esse venivano sollevate una dopo l'altra, nel ritmo degli impulsi, a toccare il magnete. E da ciò dipendeva appunto la necessità del sincronismo. Nel sistema Lorenz, il problema è risolto in un altro modo.

Cinque leve tastatrici, comandate dalla *camma V*, esplorano successivamente la posizione del *telaietto F*, solidale con l'*ancora A* del relé ricevente. *È questo l'organo che richiede il sincronismo, nella telescrivente Lorenz*; infatti il tasteggio della posizione dell'ancoretta deve avvenire nel giusto ritmo, poichè *ogni impulso dura soltanto 1/50 di secondo*. E se si mescolassero gli impulsi di diverse lettere, risulterebbe subito la più grande confusione.

Come per il *ricevitore Siemens*, non vogliamo entrare nemmeno qui nei particolari di meccanica di precisione. Con l'aiuto delle *leve tastatrici* e di *altri organi intermedi*, la posizione dell'ancoretta viene riportata sulle *cinque barre di codice di ricezione E*. La successione dei cinque impulsi è riprodotta, in tal modo, in una

combinazione meccanica simultanea, che serve per l'ulteriore funzionamento dell'apparecchiatura. Come vedete nella fig. 13, le *barre di codice* qui sono disposte *orizzontalmente* e sono lievemente *incurvate*. Anche queste barre di codice sono dotate di intagli rettangolari; osservando attentamente la figura e ricordandovi delle spiegazioni datevi nella Dispensa precedente, comprenderete senza difficoltà il successivo funzionamento del dispositivo.

Il meccanismo di scrittura

Compito del meccanismo di scrittura è di tramutare il segnale registrato dalle barre di codice in caratteri di stampa.

Per qualsiasi combinazione delle barre di codice, c'è un solo posto ove gli intagli si trovano tutti allineati. Come nel *sistema Siemens*, il tirante di stampa, che può cadere entro la cava formata dalle barre di codice, è quindi uno solo. Come già sapete, l'energia occorrente per la scrittura viene fornita dal motore.

La fig. 14 mostra in qual modo, durante la rotazione dell'*albero di ricezione EN*, l'*eccentrico DE* trasmetta la forza alle *leve di scrittura*. La *leva di pressione DH* sposta verso l'alto il *cilindro DK* e, con esso, la *staffa DB*. Come nell'*apparecchio Siemens* la cosiddetta « *bandiera* », così qui la staffa *DB*, che si trova dietro ai tiranti, aggancia soltanto quel tirante che è caduto nell'intaglio delle barre di codice. Vedete inoltre dalla figura che i *tiranti* sono *accoppiati ai martelletti d'impressione* mediante una *trasmissione a settore dentato*. Quando l'*appendice del tirante* viene trascinata dalla staffa verso l'alto, il martelletto si sposta verso sinistra (fig. 13) e determina l'impressione del carattere. Finisce così la trasmissione del segnale.

Le osservazioni di carattere generale, fatte per la *telescrivente Siemens*, valgono naturalmente anche per la *Lorenz*.

Il riporto dalle lettere alle cifre consente l'utilizzazione multipla dei segnali. È possibile anche l'aggiunta del *dispositivo di risposta automatica* (« Chi è? »).

Avete conosciuto così un altro importante tipo di telescrivente moderna e trovate confermato che si tratta più di meccanica di precisione che di elettrotecnica.

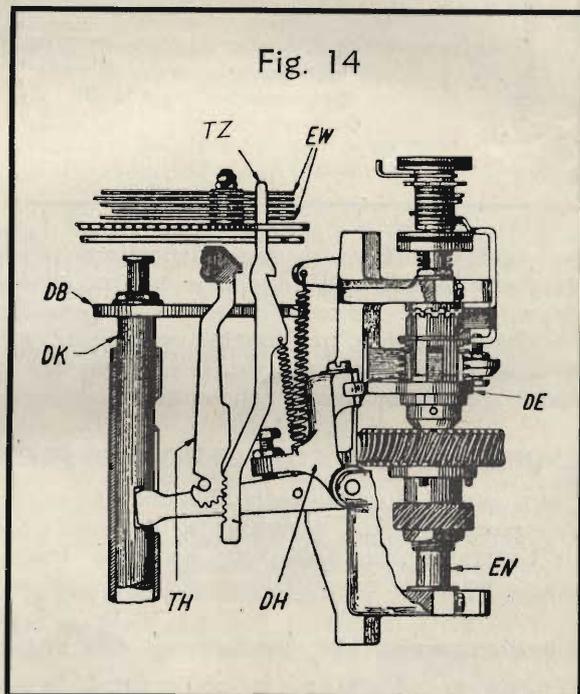
Domande

1. Perchè non sono possibili grandi differenze nella costruzione delle telescriventi?
2. Qual è il compito della staffa *S* (fig. 12)?
3. Qual è la differenza principale fra la telescrivente Siemens e la telescrivente Lorenz?

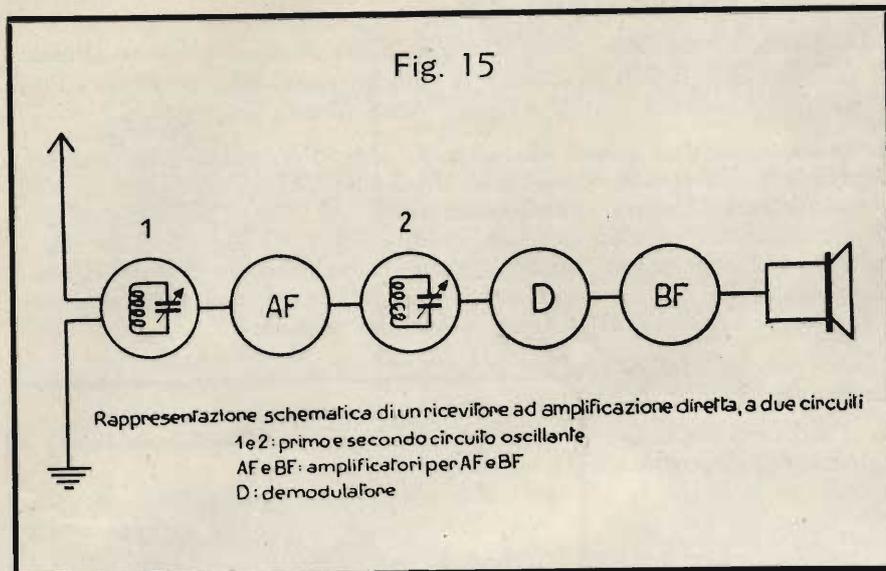
Risposte alle domande di pag. 9

1. L'amplificatore a resistenza è così chiamato dalla resistenza ohmica inserita nel circuito anodico.
2. Il trasformatore per la controfase è caratterizzato dalla presa centrale e dalla conformazione simmetrica delle due metà dell'avvolgimento.
3. Il condensatore d'accoppiamento è necessario nell'amplificatore a resistenza e in quello a bobina d'impedenza, come pure nel circuito di risonanza semplice.
4. Il trasformatore anodico, nello schema in controfase, serve in primo luogo a ricomporre le correnti di fasi opposte fornite dalle valvole. Inoltre effettua l'adattamento della bassa resistenza dell'altoparlante dinamico alle valvole finali.
5. La resistenza di un circuito di risonanza ammonta, per la corrente continua, a pochi ohm (circa 10), dovuti al filo della bobina. La resistenza per la corrente alternata raggiunge invece circa 100 kΩ.
6. Si chiama « *collegamento a massa* » il collegamento al telaio metallico dell'apparecchio.

Risposte alle domande di questa pagina

1. Non sono ammesse differenze essenziali di costruzione, poichè si richiede che le telescriventi di diverse marche possano funzionare in reciproco collegamento, senza difficoltà.
2. La staffa *S* blocca la leva intermedia *V* durante il periodo della trasmissione del segnale, per impedire uno spostamento casuale. Le barre di codice di trasmissione devono potersi spostare facilmente; nello stesso tempo si richiede la massima sicurezza di trasmissione. Il bloccaggio garantisce che gli impulsi di *corrente* vengano ben distinti da quelli di *assenza di corrente*.
3. Il ricevitore Siemens ha cinque ancorette, l'apparecchio Lorenz ne ha invece una sola.

IL RICEVITORE AD AMPLIFICAZIONE DIRETTA

Nella Dispensa N. 15 vi abbiamo mostrato i primi semplici schemi di *radioricevitori a valvole*. In questi schemi il *circuito accordato* e lo *stadio rivelatore d'alta frequenza* svolgono un compito assai importante. Dopo le nostre spiegazioni sugli amplificatori vi è perfettamente noto come sia possibile aumentare l'amplificazione aggiungendo degli stadi ulteriori.

Rappresentazione schematica di un ricevitore ad amplificazione diretta, a due circuiti
1 e 2: primo e secondo circuito oscillante
AF e BF: amplificatori per AF e BF
D: demodulatore

La fig. 15 mostra la rappresentazione schematica di un cosiddetto « *ricevitore ad amplificazione diretta* ».

L'onda elettrica proveniente dall'antenna passa attraverso un *circuito oscillante accordato*, giungendo allo *stadio d'amplificazione in alta frequenza* dotato di un *secondo circuito oscillante accordato*. Segue la *demodulazione dell'alta frequenza* e una *valvola amplificatrice di bassa frequenza*. In ultimo c'è l'*altoparlante*, nel quale le oscillazioni elettriche in *BF* vengono nuovamente trasformate in parole o musica. A caratterizzare la *selettività dell'apparecchio*, si suole indicare il *numero dei circuiti oscillanti accordati*. Lo schema della fig. 15 rappresenta quindi un *apparecchio a due circuiti*.

Un apparecchio ricevente costruito nel modo ora descritto viene denominato « *ad amplificazione diretta* », indipendentemente dal numero di stadi d'amplificazione d'*AF* che si trovano prima del demodulatore, e dal numero di stadi di *BF* che vengono dopo lo stesso. Le onde elettriche vengono dunque raccolte, amplificate nella loro originale alta frequenza, poi demodulante e, nuovamente amplificate, addotte all'altoparlante. Questa è la via più breve, più *diretta* per le onde ricevute. Comunque, il concetto del *ricevitore ad amplificazione diretta* vi diverrà ben chiaro solamente quando ne avrete conosciuto il contrario, che è il *ricevitore a battimenti* o *supereterodina*.

IL RICEVITORE A CONVERSIONE DI FREQUENZA

Spiegando il *filtro di banda* abbiamo già accennato al fatto che la *supereterodina* è il *tipo più importante di apparecchio radio*. Non importa, a questo riguardo, che si tratti di un'autoradio o di un ricevitore alimentato da batterie oppure dalla rete. La stessa denominazione di « *ricevitore a conversione di frequenza* » denota che questo tipo, nel suo principio costruttivo, deve essere più complicato.

I ragionamenti che conducono alla supereterodina

Ritorniamo col pensiero un po' indietro. Il microfono produce oscillazioni elettriche corrispondenti alle parole o alla musica da trasmettere. Per poter essere radiodiffuse, queste oscillazioni devono esser convogliate su un'onda ad alta frequenza. Questo procedimento è chiamato « *modulazione* ». Ricordate che si ottiene una *banda laterale in AF*, estendentesi per 4,5 kHz da entrambi i lati dell'*AF* primitiva. Tutte le parole e la musica trasmesse sono contenute in questa banda laterale.

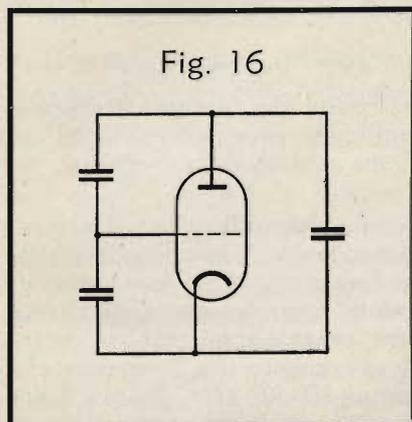
Per ottenere una ricezione sufficientemente selettiva con un apparecchio ad amplificazione diretta, bisognerebbe avere *numerosi circuiti accordati*. Durante la scelta della stazione, sarebbe necessario accordare contemporaneamente tutti questi circuiti; ciò è però assai difficile, non appena si abbiano tre o quattro circuiti oscillanti.

Nella Dispensa N. 13 abbiamo accennato all'importanza del fatto che la resistenza del *circuito oscillante in* risonanza sia la più elevata possibile. L'amplificazione dipende infatti, in modo rilevante, dal valore di questa resistenza. Ma ora viene la seconda obbiezione che facciamo al *ricevitore ad amplificazione diretta*. Infatti, con differenti stazioni non è possibile mantenere costante questa cosiddetta « *resistenza di risonanza* ». Varia così anche la misura dell'amplificazione.

C'è poi un'altra cosa di grande importanza. Nella Dispensa N. 15 abbiamo visto che, nella modulazione ad ampiezza, ad ogni trasmittente, viene assegnata una banda di frequenza di 9 kHz. Per ottenere una buona riproduzione, bisogna che i *circuiti oscillanti*, o meglio, i *filtri di banda* lascino passare esattamente questa banda di 9 kHz, nè più nè meno. Supponiamo di ricevere una stazione delle *onde lunghe*, per esempio 250 kHz; allora i 9 kHz occorrenti sono: $\frac{9 \cdot 100\%}{250} = 3{,}6\ \%$.

L'intiera banda di frequenza necessaria per la trasmissione costituisce dunque, con una frequenza portante di

250 kHz, una discreta percentuale di quest'ultima. Ma come stanno le cose, quando si consideri una frequenza delle *onde medie*, che è notevolmente più elevata, per esempio 1250 kHz? Quale percentuale rappresentano in questo caso i 9 kHz? $\frac{9 \cdot 100\,\%}{1250} = 0{,}72\,\%$, quindi molto di meno.

Fig. 16

Naturalmente questo rapporto, nella gamma delle onde corte, diminuisce fino a valori ancora molto più bassi. Aumenta così la difficoltà di costruire un circuito oscillante o un filtro di banda di sufficiente selettività.

Come vedete, sempre nuovi ostacoli. Ma non è tutto. Le *valvole* stesse *non lavorano più bene alle frequenze molto alte.* Gli elettrodi delle valvole costituiscono dei piccoli condensatori. Possiamo tenerne conto, immaginando delle *piccole capacità* inserite in parallelo ai terminali degli elettrodi (figura 16). Ora sapete che la *reattanza capacitiva* $\frac{1}{\omega C}$ diventa tanto piccola, quanto più la frequenza è elevata. Per le *onde corte* si manifestano pertanto dei *corti circuiti capacitivi* che diminuiscono fortemente l'amplificazione.

Particolarmente critica è la capacità fra griglia e placca, che disturba il funzionamento di questi importanti elettrodi. In determinate circostanze si ottengono, in luogo dell'amplificazione, delle *oscillazioni parassite*, per cui la valvola diventa un'*emittente di disturbi.*

Malgrado tutte queste difficoltà è necessario effettuare l'amplificazione dell'alta frequenza, per ottenere la selettività richiesta. Se ben riflettete, vedete però che il *valore dell'alta frequenza*, in sè, non ha nessuna importanza per la bontà della riproduzione. E sorge allora l'idea di *convertire l'AF raccolta dall'antenna, assieme al suo contenuto di modulazione, in un'altra AF.* Come è possibile far ciò?

Ricordiamo a questo proposito la *modulazione dell'AF con la BF.* Con tale procedimento si ottengono *tre AF*, di cui due differiscono, l'una in più e l'altra in meno, per il valore della *BF*, dall'*AF* primitiva. Qualcosa di simile si ottiene nella *modulazione di due alte frequenze.*

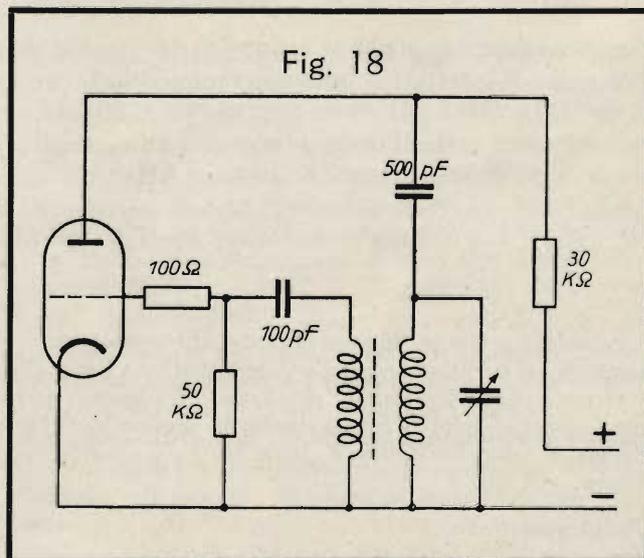
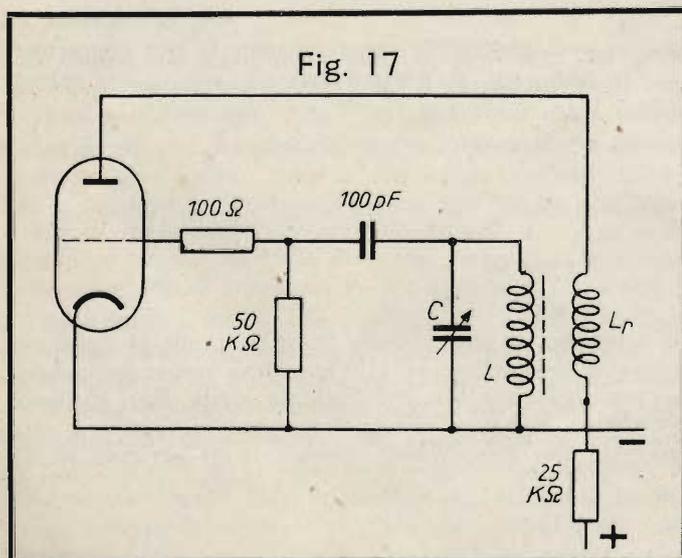
In qual modo essa venga realizzata, rimane per il momento senza importanza. L'essenziale è che *si ottengono altre alte frequenze, di cui una costituisce la somma, l'altra la differenza delle due frequenze primitive.* Se, per esempio, si modula la frequenza di 1200 kHz con 800 kHz, si ottengono, oltre alle due frequenze primitive, anche 1200 — 800 = 400 kHz e 1200 + 800 = 2000 kHz.

Da ciò riconoscete l'analogia con la modulazione dell'*AF* mediante la *BF*, descritta nella Dispensa N. 15.

L'oscillatore

Abbiamo parlato ora di *due alte frequenze*, che occorrono per formare una *nuova frequenza.* L'una di queste frequenze è, naturalmente, l'*onda raccolta dall'antenna*, che porta una determinata modulazione, impressale nella trasmittente. *L'altra frequenza deve invece esser creata appositamente.* Ciò significa semplicemente che, *nella supereterodina, dev'essere contenuta una piccola emittente.* Essa è costituita da un *circuito oscillante a valvola*, chiamato « *oscillatore* ». Nelle figure 17 e 18 si vedono gli schemi di due *oscillatori ausiliari* molto comuni. Nella fig. 17 il *circuito oscillante LC* è collegato alla griglia del triodo attraverso il condensatore da 100 pF. La *bobina di reazione* L_r è inserita nel circuito anodico. Nella fig. 18, invece, il *circuito oscillante* è collegato all'anodo attraverso il condensatore da 500 pF. La resistenza da 100 Ω, prima della griglia-pilota, serve, in entrambi i casi, ad evitare eventuali oscillazioni incontrollate, a onde cortissime. La resistenza

Fig. 17

Fig. 18

da 50 kΩ, tra la griglia ed il catodo, serve ad ottenere una giusta tensione di griglia, non appena si producono le oscillazioni. Nei due schemi il condensatore da 100 pF serve unicamente a impedire il corto circuito della tensione continua, attraverso la bobina del circuito oscillante. Forse vi chiederete pure lo scopo della *resistenza da 30 kΩ*, nello schema della fig. 18. Se credete, potete anche sostituirla con una *bobina d'impedenza*; ma sarebbe una soluzione molto più costosa. Essa serve a portare alla placca la tensione anodica continua, senza costituire un corto circuito per l'alta frequenza, attraverso all'alimentatore (+, —).

La media frequenza

Vediamo un po' meglio il risultato della modulazione. Dai nostri ragionamenti risulta che la nuova frequenza dovrebbe corrispondere preferibilmente a un'*onda lunga*. La frequenza dell'oscillatore va quindi scelta in relazione a questa esigenza. Poichè la frequenza desiderata è maggiore della *BF*, ma minore delle frequenze generalmente impiegate in trasmissione, essa è chiamata « *media frequenza* ».

Non ci si accontenta, però, di trasportare la frequenza in una gamma, nella quale l'amplificazione è più facile. Visto che, per ottenere questo risultato, occorre variare la frequenza dell'oscillatore a seconda delle differenti lunghezze d'onda ricevute, si fa addirittura in modo di ottenere sempre una *media frequenza costante*. Chiariremo le cose con un esempio, ma prima dobbiamo farvi conoscere i valori generalmente usati per la *media frequenza* (*MF*). In linea di principio andrebbe bene qualsiasi frequenza compresa nel campo contenuto tra le *onde lunghe* e quelle *medie*, ossia da 375 a 500 kHz, dato che si deve scegliere una frequenza che non appartenga a nessuna stazione. *In pratica si usano oggi frequenze intorno ai 470-490 kHz*. Ed ora il nostro esempio:

> La *MF* del nostro ricevitore sia 468 kHz. Qual è la frequenza dell'oscillatore occorrente per ricevere la stazione di Milano I (814 kHz)?
>
> La differenza tra la *frequenza dell'oscillatore* (*FO*) e la *frequenza ricevuta* (*frequenza d'entrata FE*) deve equivalere alla *MF*.
>
> *Quindi FO — FE = MF*
>
> Risolvendo questa equazione troviamo:
> *FO = 468 + 814 = 1282 kHz.*
>
> Per ricevere la stazione di Milano I bisogna quindi che la *frequenza dell'oscillatore* sia regolata sul valore di 1282 kHz.
>
> Volendo invece ricevere Roma I (713 kHz), la *frequenza dell'oscillatore* dovrebbe essere 468 + 713 = = *1181 kHz*.

La selettività della supereterodina

Vi mostreremo ora come la supereterodina presenti, per quanto riguarda la *selettività*, delle *qualità molto superiori a quelle del ricevitore ad amplificazione diretta.*

Supponiamo di voler ricevere due stazioni nella *banda dei 29 metri*, per esempio m 28,8 e 28,85. Dalla formula (5-a) della Dispensa N. 4 calcoliamo le corrispondenti frequenze:

$$\text{A m 28,8 corrisponde } \frac{300\,000\,000}{28{,}8} = 10416{,}5 \text{ kHz}$$

$$\text{A m 28,85 corrisponde } \frac{300\,000\,000}{28{,}85} = 10398{,}6 \text{ kHz.}$$

Volendo ricevere con un apparecchio *ad amplificazione diretta* la frequenza di 10416,5 kHz, si incontra la difficoltà che la frequenza adiacente differisce soltanto di una percentuale minima, e precisamente

$$\frac{10416{,}5 - 10398{,}6}{10416{,}5} \cdot 100\ \% = \frac{17{,}9 \cdot 100}{10416{,}5} = \frac{1790}{10416{,}5} = 0{,}172\ \%.$$

È assolutamente impossibile costituire dei circuiti di risonanza così selettivi da poter separare le due frequenze. Che cosa succede invece nella supereterodina? Per ricevere la frequenza di 10416,5 kHz occorre, per la *MF* = = 468 kHz, che l'oscillatore emetta 468 + 10416,5 = 10884,5 kHz.

Naturalmente anche l'*onda adiacente* forma una *frequenza di modulazione*, e precisamente

$$10884{,}5 - 10398{,}6 = 485{,}9 \text{ kHz.}$$

Questa frequenza può essere facilmente separata da un *filtro di banda* accordato sulla *media frequenza di 468 kHz*. La differenza percentuale equivale infatti a:

$$\frac{485{,}9 - 468}{468} \cdot 100\ \% = \frac{17{,}9}{468} \cdot 100 = \frac{1790}{468} = 3{,}84\ \%$$

Il calcolo conferma dunque quanto abbiamo affermato in principio. È poi evidente in quale modo si possa aumentare la selettività della supereterodina. Dato che il *filtro di banda per la MF* non deve essere accordato, esso può essere senz'altro *multiplo*. Nel nostro paragone con la modulazione effettuata dalla *BF*, abbiamo fatto osservare che si forma anche la *somma delle alte frequenze*. Tuttavia questa *frequenza risultante* è così elevata e talmente lontana dalla banda passante del filtro, che *non esiste assolutamente alcun pericolo di disturbo*.

L'allineamento

Per mettere *in sintonia* una supereterodina bisogna *accordare il circuito d'entrata sulla frequenza che si vuole ricevere; inoltre va messa a punto anche la frequenza dell'oscillatore.*

Consideriamo la gamma delle *onde medie* e supponiamo che il nostro ricevitore abbia una *media frequenza* di 468 kHz. La risonanza del *circuito d'entrata* deve potersi spostare per mezzo di un *condensatore variabile,* da 500 fino a 1500 kHz. In ossequio alla *formula della frequenza di risonanza* (Dispensa N. 11, formula 40), il rotore del condensatore sarà ruotato *in fuori* alla *frequenza più alta*, e *in dentro* a *quella più bassa*. È poi da osservare che la variazione della frequenza del circuito di risonanza deve avvenire nel rapporto di $\frac{500}{1500} = 1:3$.

Per ricevere l'*onda di 500 kHz*, con una *MF* di 468 kHz, occorre una $FO = FE + MF = 500 + 468 = 968$ kHz. Dovendo invece ricevere la *frequenza più elevata* della gamma considerata, occorre una $FO = 1500 + 468 = 1968$ kHz. Il rapporto tra la minima e la massima frequenza dell'oscillatore è quindi: $\frac{968}{1968} = 1 : 2{,}03$.

Come vedete esso è assai differente dal rapporto delle *frequenze d'entrata.*

Si vorrebbe ora poter azionare i *due dispositivi di sintonia* con un'*unica manopola*, utilizzando nel contempo *due condensatori variabili* possibilmente uguali. Usando un *condensatore variabile doppio* di costruzione solita, si può ottenere un *allineamento* se non perfetto, almeno approssimato. Si chiama « *allineamento* » dei circuiti di risonanza la *messa in passo dei condensatori variabili*, allo scopo di produrre nell'oscillatore una frequenza adatta al valore della frequenza raccolta; tale cioè da ottenere un valore costante della *media frequenza.* Per realizzare l'allineamento, bisogna collegare un *piccolo condensatore regolabile* o *compensatore* (*padding*) *in serie col variabile dell'oscillatore*, e *un altro in parallelo*; regolando il valore di questi *compensatori*, si riesce ad ottenere l'effetto voluto.

Vi abbiamo spiegato così i principali fondamenti della supereterodina. Nella prossima Dispensa vi orienteremo sul conto dell'importante *valvola mescolatrice* o *convertitrice di frequenza*; passeremo quindi a esaminare gli *schemi di alcuni moderni apparecchi* di fabbricazione industriale.

Domande

1. Quali sono le parti principali del ricevitore ad amplificazione diretta?
2. Che cos'è un apparecchio a due circuiti?
3. Come si chiama l'emittente ausiliaria contenuta nella supereterodina?
4. Qual è la frequenza esterna che si può ricevere con una *MF* di 473 kHz ed una *FO* di 1002 kHz?
5. Come si spiega la denominazione di « *media frequenza* »?
6. Che cos'è un « *padding* »?

TELEGRAFIA, TELEFONIA

LINEE AEREE E CAVI

Nei tempi attuali, nelle telecomunicazioni si tende ad impiegare in grado sempre crescente la *radio*. Il vantaggio più evidente di questo sistema sta nel fatto di poter fare a meno di *linee* e *cavi*. Si ottiene così, oltre all'economia di materiale, anche il vantaggio di dover ricercare le cause di eventuali guasti soltanto nei posti di trasmissione e di ricezione.

Tuttavia molti rami della tecnica delle telecomunicazioni abbisogneranno certamente ancora per molto tempo del collegamento per mezzo di *fili*. Per questa ragione esamineremo ora la *linea aerea* ed il *cavo* dal punto di vista della tecnica delle telecomunicazioni.

LA LINEA AEREA

Conoscete senza dubbio le *linee telefoniche* o *telegrafiche*, che spesso seguono il tracciato delle strade o delle ferrovie. Conoscete anche le bianche campane degli *isolatori*, ai quali sono appesi i *fili* della linea. Vi interesseranno perciò alcune notizie sul *materiale* usato per fare questi fili.

Generalmente si usa *filo di rame o di bronzo da 3 mm di diametro*. Si incontra anche qualche linea in *filo d'acciaio*, ma questo, data la sua scarsa conduttività, ha lo spessore di 4 o 5 mm. Piuttosto raro è l'*alluminio con le sue leghe*. Ciò dipende dalla circostanza che *solo da poco tempo si è in grado di fabbricare fili di alluminio di sufficiente resistenza meccanica*. La principale ragione risiede però nel fatto che oggi, nelle telecomunicazioni, predomina l'uso dei *cavi*, malgrado i numerosi svantaggi che essi presentano. È raro che si stendano delle nuove linee aeree.

Faremo tuttavia rilevare le particolari esigenze cui devono corrispondere le *linee aeree*. Mostreremo anche le differenze che si presentano rispetto alle *linee per il trasporto dell'energia elettrica*. I compiti di queste linee sono più facili da comprendere e, facendo i debiti confronti, si giunge più facilmente a capire le particolarità delle *linee di telecomunicazione*.

Dovendo allacciare diversi utenti a una *linea di energia*, si deriva semplicemente una *linea secondaria* dal tronco principale. È pressochè impossibile che gli utenti si possano disturbare a vicenda, poichè, per ogni utente, sono previste delle *valvole fusibili*, che separano la parte difettosa nel caso di un corto circuito. Ciò che importa è semplicemente che l'energia, proveniente dalla centrale o dalla sorgente, possa raggiungere ciascun utente.

Le *linee di telecomunicazione* servono invece sempre a collegare *due soli utenti*, che vogliono scambiarsi una comunicazione. Si cerca, a bella posta, di evitare che degli estranei si intromettano nel collegamento. Di conseguenza, se consideriamo, per esempio, una *rete telefonica locale*, bisogna che ogni utente sia collegato con la centrale per mezzo di una propria *linea a due fili*. Queste differenti linee si possono poi collegare tra loro a due a due, nella centrale. Analogamente nelle comunicazioni interurbane. Se si vuole, per esempio, che tra due luoghi si possano avere 50 comunicazioni contemporanee, bisogna predisporre 50 linee a due fili. Tralasciamo per ora il fatto che, con i moderni sistemi della cosiddetta « *telefonia a frequenze vettrici* », le linee possono essere sfruttate per comunicazioni multiple. Tornando al nostro esempio, vediamo che le 50 linee seguono il medesimo percorso e si trovano pertanto l'una accanto all'altra. Nella *tecnica delle correnti forti* ciò non implicherebbe alcun problema, poichè non verrebbe nemmeno in mente l'idea che le varie linee si possano influenzare a vicenda. Le 50 linee telefoniche servono invece per trasportare 50 conversazioni, una per ogni linea a due fili. *Ogni linea bipolare* rappresenta però, in un certo senso, una *lunghissima bobina*, che possiede una certa *induttanza*. Le *bobine* costituite dalle linee presentano anche un'*induttanza mutua* e possono quindi *influenzarsi a vicenda*. Quando una linea è percorsa da *correnti foniche*, essa induce *analoghe correnti nelle linee adiacenti*, cosicchè la conversazione trasmessa può pervenire anche all'utente cui non è destinata. Ciò è da evitare, non soltanto per ragioni di segretezza, ma anche perchè la sovrapposizione estranea sarebbe assai fastidiosa.

Le linee presentano inoltre anche una certa *reciproca capacità*; esse si comportano quindi come se fossero *accoppiate per mezzo di condensatori*. Comprenderete che, per queste ragioni, sono sempre possibili i reciproci disturbi delle linee condotte parallelamente. Il termine tecnico per questi *disturbi* è « *diafonia* ». Se udirete questa parola, saprete che si tratta di *disturbi telefonici*. Nella telefonia, a causa di questi disturbi, è stato abbandonato completamente il sistema di usare *un solo filo con ritorno nella terra*. Infatti, utilizzando la terra come ritorno per numerose comunicazioni, risulterebbero inevitabilmente dei disturbi. Basta considerare, infatti, che uno dei due conduttori, la terra, è comune per due circuiti di telecomunicazione; è evidente che ne risulta un accoppiamento piuttosto rigido dei due sistemi.

Dopo queste osservazioni comprenderete senz'altro le misure che vengono adottate per evitare o diminuire la *diafonia*. Nelle *linee aeree* si mantengono, a questo scopo, tra le coppie le opportune distanze; inoltre si provvede *ad incrociare regolarmente i fili*.

La fig. 19 mostra, per esempio, in che modo si devono disporre tre coppie telefoniche sulla medesima palificata; dalla fig. 20 risulta come si debbano incrociare i conduttori. Supponiamo, per esempio, che un conduttore della linea I sia fissato nei primi cinque pali *all'isolatore superiore*; lo stesso conduttore della linea I verrà fissato nei pali da 6 a 10 *all'isolatore inferiore*; e così via, alternativamente. Se alla medesima palificata sono fissate varie linee, bisogna che gli incroci dei singoli fili di ciascuna coppia siano effettuati a distanze differenti o sfalsati tra loro, come risulta dalla fig. 20.

Spiegheremo brevemente la ragione di questa misura, che troverete pure applicata in modo simile nei *cavi*. A questo scopo consideriamo nuovamente la sezione di linea compresa tra due incroci successivi, come se fosse una *bobina* allungata ed aperta (fig. 21).

Per i nostri ragionamenti supponiamo che la *linea inferiore* B prosegua uniformemente, senza incroci. Non appena la linea *B* è percorsa da una corrente alternata, a causa dell'induttanza mutua, viene indotta una tensione nella *linea A*, cosicchè ne risultano delle *correnti parassite*, rivolte nella direzione indicata dalle frecce. Come risulta chiaramente dalla figura, le correnti indotte fluiscono in senso opposto nelle varie sezioni della linea, tanto nel filo *a* che nel filo *a'*.

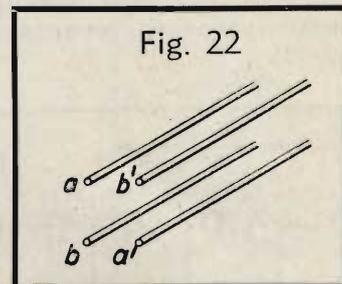
L'incrocio dei fili ha quindi il risultato di sopprimere gli effetti d'induzione, poichè le tensioni indotte nelle successive sezioni della linea si annullano a vicenda.

L'incrocio costituisce però un rimedio anche contro i disturbi capacitivi. Ciò risulta pure dalla fig. 21. Nella

sezione I il filo *a* è accoppiato capacitivamente, in modo piuttosto rigido, col filo superiore della linea *B*. I *fili distesi parallelamente nelle linee* posseggono infatti delle *capacità abbastanza rilevanti* (5000 - 10 000 pF al km). Nella sezione II è invece il filo *a'* che è accoppiato col filo superiore di *B*. Si ottengono così, anche in questo caso, delle *correnti opposte* nelle singole sezioni e *i disturbi di diafonia ne risultano soppressi.*

Per ridurre fortemente l'effetto induttivo, le coppie vengono disposte in piani perpendicolari tra loro (fig. 22). Come per le bobine di fig. 27 della Dispensa N. 11, *l'effetto induttivo è ridotto così al minimo.*

Fig. 22

Quando si vuole garantire l'assenza pressochè assoluta di diafonia si adottano entrambe le misure (linee disposte in piani perpendicolari, come in fig. 22, e ripetuto incrocio dei fili). Queste spiegazioni vi hanno già fornito senza dubbio un'idea delle difficoltà che si incontrano nel collocamento delle linee di telecomunicazione.

Le proprietà delle linee

Ci occuperemo ora delle *proprietà della linea*, ossia della *coppia di conduttori*. Ci aiutiamo di nuovo rifacendoci al paragone della linea di energia. Questa è caratterizzata da due grandezze importanti: *resistenza* della linea e *isolamento*. Anche per le linee di telecomunicazione si cerca di fare in modo che queste due grandezze abbiano valori favorevoli, ma ciò non basta. Nel paragrafo precedente abbiamo spiegato che le linee presentano una *mutua induttanza e capacità*. È evidente che la nostra linea, essendo una *bòbina allungata*, è dotata anche di *induttanza propria*. Inoltre è chiaro che, come i fili di coppie differenti presentano una capacità reciproca, così anche i *fili della medesima coppia* devono possedere una certa *capacità*. Per esempio, nel caso di una *linea aerea costituita da fili di bronzo da 3 mm*, disposta nel modo consueto, si hanno i seguenti valori:

induttanza per km	2 mH
capacità per km	6000 pF.

Dovendo inoltrare nella linea delle correnti alternate, l'induttanza è particolarmente importante. Viene ora però un'osservazione fondamentale. La *resistenza del filo* e l'*isolamento* possono essere variati l'uno indipendentemente dall'altra, in modo da ottenere dei valori favorevoli: quindi *piccola resistenza* ed *elevato isolamento*. Con l'*induttanza*, che, in un certo senso, aumenta la *resistenza del filo*, per la corrente alternata, e con la *capacità*, che sta in parallelo all'*isolamento* e lo peggiora, ciò purtroppo non si può fare. È sì possibile aumentare a piacimento tanto l'induttanza che la capacità, ma *non è invece possibile diminuire entrambe queste grandezze sotto un certo limite. Se infatti si riduce l'induttanza sotto un determinato valore, aumenta la capacità, e viceversa.*

Per giudicare le proprietà delle linee dobbiamo quindi tener conto di questi valori.

L'impedenza caratteristica

Le linee si caratterizzano, generalmente, non per mezzo di valori d'induttanza e di capacità, bensì mediante una nuova grandezza dedotta da queste due, la cosiddetta « impedenza caratteristica ». Supponendo di avere dei buoni valori di *resistenza* del filo e di *isolamento*, l'*impedenza caratteristica* si esprime con la formula seguente, valida nel campo di *frequenza attorno ai 1000 Hz*, particolarmente importante per la trasmissione della parola:

$$\textit{Impedenza caratteristica} = \sqrt{\frac{\textit{Induttanza}/\text{km}}{\textit{Capacità}/\text{km}}} \quad . \quad . \quad \text{Formula (60)}$$

L'*impedenza caratteristica* della linea sopra menzionata, che possiede 2 mH/km e 6000 pF/km è quindi:

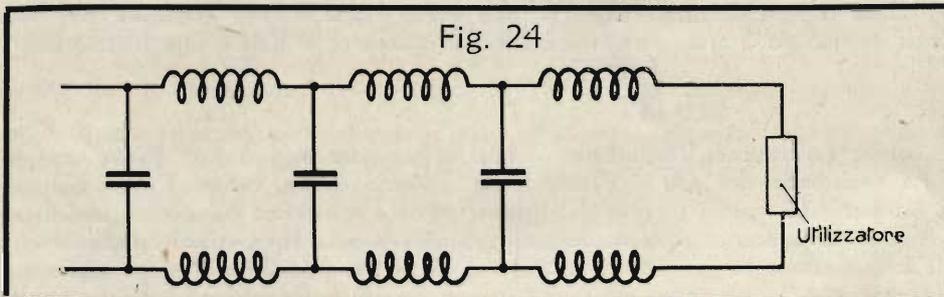
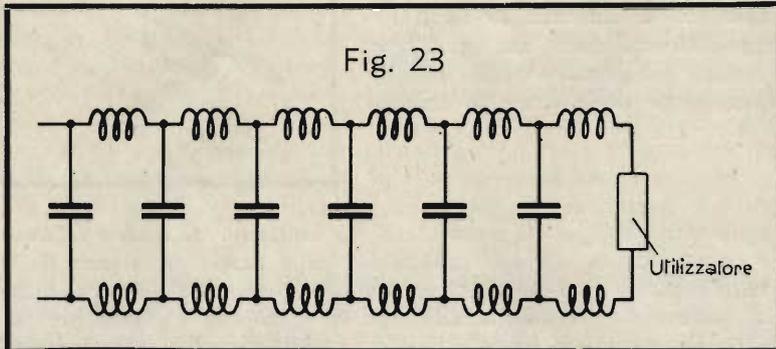
$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-3}}{6000 \cdot 10^{-12}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{3}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^{-9}}} = \sqrt{\frac{2}{6} \cdot 10^{6}} = 10^{3} \cdot \sqrt{\frac{1}{3}} = 576 \textit{ ohm}.$$

Come vedete, l'*impedenza caratteristica* si misura in *ohm*. Notate e ricordate un fatto importante:

L'impedenza caratteristica di una linea è indipendente dalla sua lunghezza.

La formula (60) vi dà la possibilità di calcolare l'*impedenza caratteristica*, ma non ve ne procura un concetto preciso. Vedremo di fornirvelo presto noi stessi.

Se all'estremità di una lunga linea si allacciano dei consumatori, come *apparecchi telefonici* oppure *relè*, dotati di differenti resistenze, si farà una constatazione interessante. *La trasmissione, e quindi la riproduzione, raggiungono la massima intensità, quando la resistenza del consumatore si avvicina il più possibile al valore dell'impedenza caratteristica.* Le *onde elettriche*, che si propagano lungo la linea, vengono quindi utilizzate nel migliore dei modi, *quando la resistenza del consumatore è uguale all'impedenza caratteristica.* Comprenderete così perchè sia tanto importante conoscere l'*impedenza caratteristica* quando si vuole realizzare un collegamento con una lunga linea. Non vi stupirà il fatto che la linea debba avere una certa lunghezza, per dimostrare gli effetti che si manifestano quando la resistenza del consumatore differisce dall'impedenza caratteristica.

Abbiamo già insistito sul fatto che, essenzialmente, si manifestano soltanto l'*impedenza* e la *capacità*. Queste raggiungono d'altronde dei *valori notevoli* soltanto *nelle linee di sufficiente lunghezza.* Nelle comunicazioni a distanza, in telefonia e telegrafia, queste lunghezze sono sempre superate. È poi chiaro che l'*influenza della capacità e dell'impedenza* dev'essere *maggiore alle frequenze più elevate.* Si sa infatti che la *reattanza induttiva* e la *suscettanza capacitiva* crescono proporzionalmente alla *frequenza.* Se avete seguito con attenzione le nostre spiegazioni, comprenderete senza difficoltà lo *schema equivalente* della linea di telecomunicazione (figura 23).

La *capacità* tra i fili viene rappresentata con dei *condensatori*; l'*induttanza* dei fili con delle *bobine.* Dobbiamo considerare però che ogni pezzettino di filo contribuisce, nel suo posto, alla formazione della capacità e dell'induttanza, per la qual cosa le *bobine* e i *condensatori* vanno immaginati *suddivisi finemente* o *distribuiti lungo la linea.*

Accontentandoci semplicemente di una stima approssimativa del comportamento della linea, basta una suddivisione relativamente grossolana (fig. 24).

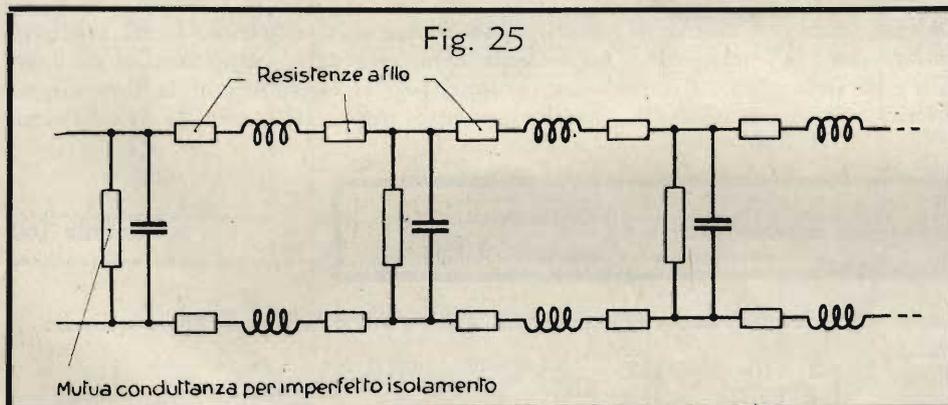
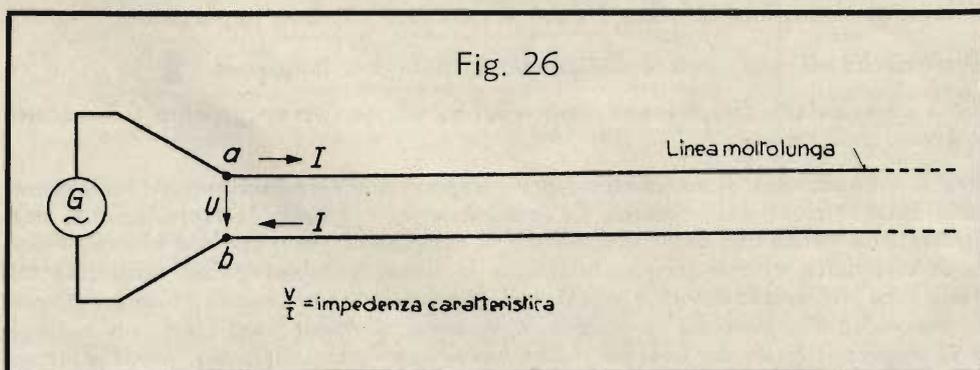
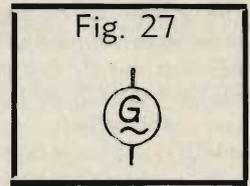
Vi vogliamo pure mostrare come si rappresenta la *resistenza del filo nello schema equivalente* e in qual modo si manifesti il *cattivo isolamento della linea* (fig. 25). La *resistenza ohmica* del filo compare in serie all'induttanza delle bobine, mentre la *conduttanza d'isolamento* si trova in parallelo ai condensatori. Sarete forse un po' turbato alla vista del complicatissimo schema della fig. 25, che dovrebbe sostituire una linea, tanto facile da rappresentare in un modo ben più semplice. Eppure c'è un solo metodo per farvi comprendere completamente le proprietà di una linea di telecomunicazione; ed è quello di mettervi chiaramente sotto gli occhi, negli *schemi equivalenti,* le capacità e le induttanze cui abbiamo dianzi accennato.

Possiamo fornirvi ora un'altra interpretazione dell'*impedenza caratteristica.* Questa risulta infatti come *quoziente tra la tensione e la corrente* misurate all'entrata di una linea molto lunga (fig. 26); equivale, in altre parole, all'*impedenza d'entrata* di questa linea. In conformità ai ragionamenti teorici che portano alla definizione dell'*impedenza caratteristica,* la lunghezza della linea dovrebbe essere infinita; in pratica basta però un valore finito, più o meno grande, a seconda della resistenza dei fili. La *lunghezza sufficiente,* perchè la *resistenza d'entrata* equivalga all'*impedenza caratteristica,* è quella per cui il quoziente $\frac{V}{I}$, misurato all'inizio della linea, non varia più, indipendentemente dal valore della resistenza allacciata in fondo alla linea, grande o piccola che sia. Dapprima troverete

ciò assai strano, poichè l'intensità di corrente dovrebbe logicamente dipendere dal valore della resistenza di consumo. Osservando però la fig. 25 comprenderete che la corrente I non attraversa la linea in tutta la sua lunghezza, ma ritorna, a poco per volta, alla sorgente, passando attraverso ai condensatori. Ricordiamo in proposito che il simbolo della fig. 27 rappresenta un *generatore di corrente alternata*. Le frecce segnate nella fig .26 sono giustificate anche trattandosi di corrente alternata, in quanto si considera un determinato istante, nel quale il punto *a* è positivo rispetto al punto *b*, e quindi la corrente scorre nel senso indicato.

Fig. 27

C'è poi un'altra proprietà importante. Quando all'estremità di una linea è allacciata una resistenza uguale all'impedenza caratteristica della linea, l'*impedenza d'entrata*, che ci interessa conoscere, perchè determina l'intensità della corrente prelevata dalla sorgente, è di nuovo uguale all'*impedenza caratteristica*. Ciò significa, in altre parole, che chiudendo una linea con la sua *impedenza caratteristica*, l'*impedenza d'entrata* diventa *indipendente dalla lunghezza della linea*. Questo risultato è sorprendente. La sorgente eroga sempre la medesima corrente, senza riguardo alla lunghezza della linea che la collega al consumatore.

Non dovete però attendervi che, in fondo ad una linea molto lunga, si abbia ancora la medesima intensità di corrente, come dopo una linea breve. Il valore della *tensione agente sul consumatore*, riferita al valore della *tensione all'inizio della linea*, diminuisce quanto più la linea è lunga, a causa dell'*induttanza* e delle *resistenze* che si trovano in serie (fig. 25). Analogamente, l'*intensità di corrente* diminuisce, man mano che ci si avvicina alla fine della linea, a causa della *capacità* e delle *resistenze d'isolamento*, che si trovano in parallelo. L'importanza della *chiusura della linea con l'impedenza caratteristica* consiste, in primo luogo, *nel rendere la corrente e la tensione all'inizio indipendenti dalla lunghezza della linea e*, come conseguenza più importante ancora, *indipendenti anche dalla frequenza*.

Un esempio rinsalderà le cognizioni ora acquisite. Consideriamo ancora la nostra *linea aerea* con 576 ohm di *impedenza caratteristica*. Se poniamo in fondo alla linea un utilizzatore, p. es. un relè, con un'*impedenza* di 576 ohm, la sorgente (che supponiamo dotata di una *resistenza interna* di 200 ohm e di una *tensione a vuoto* di 15 volt erogherà una corrente pari a $I = \frac{15}{576 + 200} = \frac{15}{776} \approx 0{,}01935$ A $= 19{,}35$ *mA*

Siamo quindi in grado di calcolare, per un importante caso della pratica, la *corrente di entrata della linea*. Si parla, in questo caso speciale, di « *adattamento della linea* ».

Ripetiamo, comunque, che non possiamo per ora dir nulla in merito alla *corrente* ed alla *tensione al termine della linea*, lunga o breve che sia. Questo argomento verrà affrontato in un Capitolo successivo. Ad ogni modo, il concetto dell'*impedenza caratteristica* e quello strettamente connesso dell'*adattamento della linea* hanno allargato fondamentalmente le nostre conoscenze sulle trasmissioni a distanza. Constaterete con soddisfazione che siete ormai in grado di seguire molto meglio i discorsi, apparentemente misteriosi, dei tecnici delle telecomunicazioni.

Domande

1. Che cos'è la diafonia?
2. Qual è il materiale più usato per la costruzione delle linee aeree di telecomunicazione?
3. Perchè si procede al continuo incrocio delle linee aeree?
4. Che significa « *adattamento di una linea* »?

Risposte alle domande di pag. 15

1. Le parti principali del ricevitore ad amplificazione diretta sono: il circuito oscillante di sintonia, l'amplificatore d'*AF*, il rivelatore, l'amplificatore di *BF* e l'altoparlante.
2. Un ricevitore a due circuiti è un apparecchio radio con due circuiti di sintonia.
3. Il trasmettitore ausiliario della supereterodina si chiama « *oscillatore* ».
4. Dato che $FO - FE = MF$, si ottiene: $FE = FO - MF = 1002 - 473 = 529$ *kHz*.
5. La media frequenza della supereterodina è situata nel mezzo, tra la *BF* e l'*AF* delle onde medie e corte; da ciò deriva il suo nome.
6. Si chiama « *padding* » un condensatore inserito in serie al variabile per la sintonia dell'oscillatore. Esso consente di ottenere l'allineamento dei circuiti, approssimato ma sufficiente.

Risposte alle domande di questa pagina

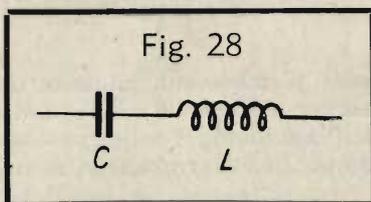
1. La diafonia è un disturbo che si manifesta in telefonia. Consiste in un'influenza reciproca tra linee telefoniche distese parallelamente, per cui la conversazione in corso attraverso una linea può essere intesa anche nell'altra linea.
2. Le linee aeree sono costituite generalmente da filo di rame o di bronzo da 3 mm.
3. L'incrocio dei fili delle linee aeree serve a mantenere la diafonia entro limiti ristretti.
4. Si chiama « *adattamento ad una linea* » l'allacciamento di un consumatore che abbia un'impedenza pari all'impedenza caratteristica della linea.

ELETTROTECNICA GENERALE

CIRCUITI CON INDUTTANZA E CAPACITÀ

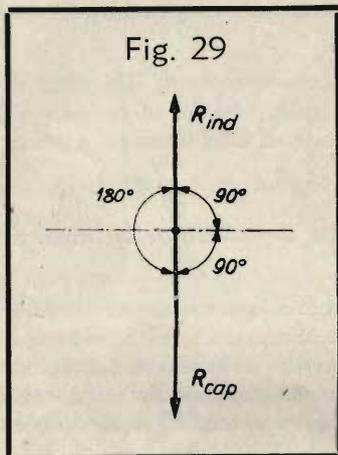
Dopo il collegamento in serie e in parallelo, nonchè quello *misto*, avete conosciuto anche il *collegamento di resistenze ohmiche*, assieme ad induttanze o a condensatori. Ricordiamo, a questo proposito, i *triangoli* che permettono di determinare l'*impedenza* e l'*ammettenza* (Dispense NN. 13 e 16). Dai triangoli si può ricavare anche l'*angolo di fase* tra la tensione e la corrente, in un dato complesso di resistenze e reattanze. Il particolare caratteristico di questi triangoli era l'*angolo retto* incluso tra i segmenti rappresentanti le resistenze e quelli rappresentanti le reattanze, a immagine dello sfasamento di 90° esistente nelle reattanze tra la tensione e la corrente.

Collegamento in serie di induttanze e capacità

Fig. 28

Benchè soprattutto le *induttanze* non siano mai completamente esenti da *resistenza ohmica*, supporremo che il collegamento in serie di induttanze e di capacità sia possibile, per poter svolgere dei ragionamenti di principio. Prendiamo dunque un'*induttanza pura L* e colleghiamola in serie con una *capacità pura C*, come si vede nella fig. 28. Calcoliamo dapprima le *reattanze* delle singole componenti, nel modo che abbiamo già appreso. Troviamo dunque:

$$R_{ind} = \omega L \qquad e \qquad R_{cap} = \frac{1}{\omega C}$$

Fig. 29

Nel collegamento in serie delle *resistenze attive*, i valori ohmici vanno semplicemente sommati tra loro. Anche nel collegamento in serie di due *induttanze* o di due *capacità*, il procedimento è identico.

Resistenze (o reattanze) del medesimo genere vanno semplicemente addizionate.

Nel collegamento in serie delle *resistenze attive* e di quelle *reattive* (reattanze) bisogna badare invece all'*angolo di fase di 90°*. Ed ecco che abbiamo la soluzione del problema. Nelle *reattanze capacitive* la corrente precede la tensione di 90°, in quelle *induttive*, invece, la segue di 90°. Nell'incontro dell'*induttanza* con la *capacità* abbiamo quindi due volte l'angolo di 90°.

Dalla fig. 29, nella quale le frecce distinguono la direzione dei segmenti rappresentanti le due reattanze, risulta che due volte l'angolo di 90° dà 180°, quindi la *direzione opposta*. Abbiamo così questo risultato singolare: *Nel collegamento in serie di induttanze e di capacità, si ottiene la reattanza complessiva* (fig. 30) *facendo la differenza delle singole reattanze.* Sotto forma di equazione, abbiamo:

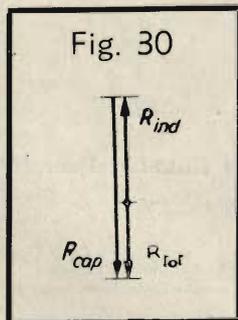
$R_{tot} = R_{ind} - R_{cap}$, oppure: $R_{tot} = R_{cap} - R_{ind}$.

Secondo che sia maggiore la *reattanza capacitiva* oppure quella *induttiva*, la *reattanza risultante sarà capacitiva o induttiva*. Nell'esempio della fig. 30, R_{cap} è più grande di R_{ind}; di conseguenza la reattanza complessiva R_{tot} risulta *capacitiva*.

Fig. 30

In questo caso l'effetto dell'induttanza consiste nel *diminuire* la *reattanza capacitiva* R_{tot} nei confronti di R_{cap}. Si ha così una *reciproca compensazione* delle due reattanze. Vedete subito dalle figure 29 e 30 che quando R_{ind} e R_{cap} sono uguali si ha una compensazione completa, ottenendo quindi $R_{tot} = 0$. Come risultato del collegamento in serie di una reattanza induttiva con un'uguale reattanza capacitiva, si ottiene dunque una *reattanza nulla*. Vogliamo notare questo risultato sotto forma di equazione:

$$R_{ind} - R_{cap} = 0 \qquad\qquad R_{ind} = R_{cap}$$

Inseriamo i valori di R_{ind} e R_{cap} e otteniamo: $\omega L = \frac{1}{\omega C}$

Supponiamo di avere il collegamento della fig. 28, chiamato, per la ragione che vedremo subito, « *circuito di risonanza in serie* ». È chiaro che si può sempre ottenere R_{cap} maggiore di R_{ind}; basta infatti scegliere una frequenza sufficientemente bassa. Aumentando la frequenza, R_{cap}, com'è noto, diminuisce, mentre R_{ind} aumenta. Le due reattanze si avvicinano sempre più, finchè, a una determinata frequenza, sono uguali.

Questa frequenza si ricava dall'equazione $\omega L = \frac{1}{\omega C}$. Risolvendo l'equazione rispetto all'incognita ω (Dispensa N. 8), si ottiene:

$$\omega^2 L = \frac{1}{C}\,; \qquad \omega^2 = \frac{1}{LC}\,; \qquad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}\,;$$

e poichè $\omega = 2\pi f$, abbiamo l'interessante *frequenza*:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}\,.$$

Questa non è altro che la formula (40), riportata nella Dispensa N. 11. Ritroveremo questo singolare risultato an-

che nel collegamento in parallelo dell'induttanza e della capacità; si tratta della cosiddetta « *formula oscillatoria di Thomson* ».

Esempio:

Calcoliamo, a titolo d'esempio, la *reattanza complessiva* del collegamento in serie di una capacità da 200 pF con un'induttanza da 0,2 mH, a differenti frequenze.

Calcoliamo dapprima la *frequenza per la quale la reattanza induttiva e quella capacitiva si compensano*. Questa frequenza è chiamata « *frequenza di risonanza* ». Nel nostro caso abbiamo:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 10^{-12}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{2 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{-10}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{4 \cdot 10^{-14}}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot 2 \cdot 10^{-7}} = \frac{10^{+7}}{4\pi} = \frac{10^7}{12,56} = 796\ kHz.$$

È dunque una *frequenza della gamma delle onde medie*, per la quale la reattanza del nostro circuito di risonanza diviene nulla.

Calcoliamo ora i valori per una *frequenza più bassa*, per esempio 100 kHz. Si ottiene

$$R_{ind} = 2\pi \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} = 2\pi \cdot 20 = 40\pi = 125,6\ ohm.$$

$$R_{cap} = \frac{1}{2\pi \cdot 10^5 \cdot 200 \cdot 10^{-12}} = \frac{1}{2\pi \cdot 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-10}} = \frac{1}{4\pi \cdot 10^{-5}} = \frac{10^5}{4\pi}\ ;\ R_{cap} = 7960\ ohm.$$

Come vedete, l'effetto dell'induttanza alla frequenza di 100 kHz è minimo, per la qual cosa la reattanza complessiva R_{tot} = 7960 — 125,6 = 7834,4 ohm differisce solo di poco da R_{cap}. A sufficiente distanza dalla frequenza di risonanza, la compensazione non è quindi più efficace. Consideriamo ora una frequenza più elevata di quella di risonanza, p. es. 2 MHz.

$$R_{ind} = 2\pi \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3} = 8\pi \cdot 10^6 \cdot 10^{-4} = 800\pi = 2512\ ohm.$$

$$R_{cap} = \frac{1}{2\pi \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{-10}} = \frac{1}{8\pi \cdot 10^{-4}} = \frac{10^4}{8\pi} = 398\ ohm.$$

Al di sopra della *frequenza di risonanza* è quindi preponderante la *componente induttiva*; la reattanza complessiva diventa nel nostro esempio:

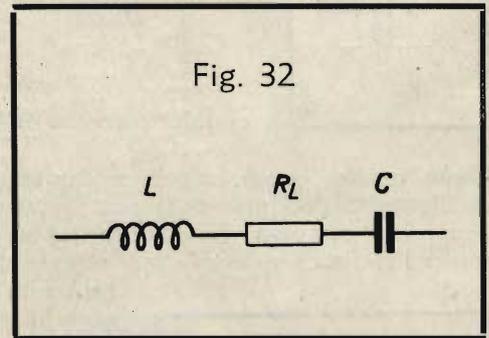
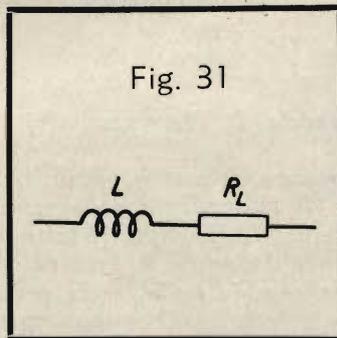
$$R_{tot} = 2512 - 398 = 2114\ \text{ohm}.$$

I nostri risultati vanno interpretati nel seguente modo:

Alle frequenze basse il circuito in serie si comporta come una reattanza capacitiva e la corrente precede la tensione. Alle frequenze alte, invece, rimane una reattanza induttiva e la corrente segue la tensione.

Il circuito di risonanza in serie con perdite

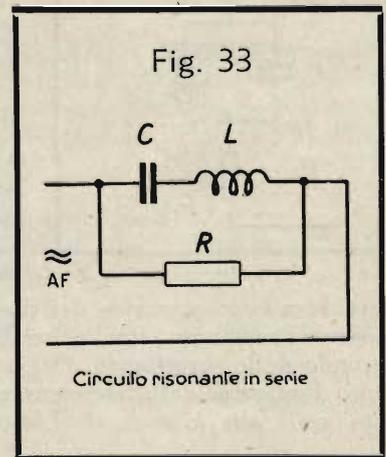
Se consideriamo il *condensatore* privo di perdite, ma teniamo conto della resistenza ohmica della *bobina*, ci avviciniamo abbastanza bene ai casi pratici.

La fig. 31 rappresenta lo schema equivalente della *bobina L*, con la *resistenza* R_L in serie. La *capacità* inserita in serie (fig. 32) permette di compensare la reattanza induttiva, ma non la resistenza attiva. Alla frequenza di risonanza, che si calcola sempre secondo la formula di Thomson, la reattanza capacitiva e induttiva si eliminano, ma rimane la *resistenza di perdita* R_L della bobina, che costituisce l'*impedenza minima* di tutto il complesso.

Ricordiamo quindi: *Il collegamento in serie di un'induttanza e di una capacità possiede, quando le reattanze si compensano, una piccola resistenza, pari alla resistenza ohmica della bobina.*

Il *circuito di risonanza in serie* assorbe, per così dire, tutte le correnti che abbiano una frequenza uguale a quella di risonanza, impedendo così che esse si manifestino nelle parti situate in parallelo.

Con la disposizione di fig. 33, quando la frequenza corrisponde alla risonanza:

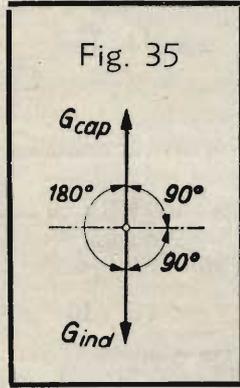
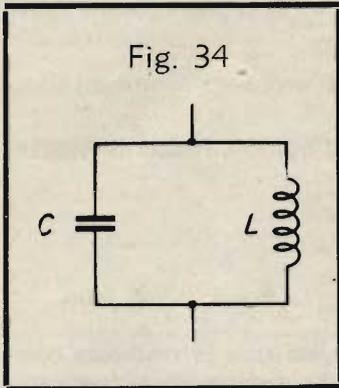
$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$, attraverso alla resistenza in parallelo R, non passa praticamente alcuna corrente.

Tutta la corrente passa allora attraverso il *circuito di risonanza in serie*. Quest'effetto viene sfruttato a volte nei ricevitori radio di fabbricazione industriale e ne riparleremo al momento opportuno.

Collegamento in parallelo di induttanze e capacità

Consideriamo finalmente da vicino il *circuito oscillante in parallelo*, di cui

abbiamo già sovente fatto uso. Trascuriamo dapprima anche qui le perdite provocate dalle resistenze ohmiche. Abbiamo quindi lo schema della fig. 34. Ricordiamo subito che, nei collegamenti in parallelo, è sempre conveniente basarsi sulle *conduttanze* anzichè sulle resistenze. Come nei calcoli eseguiti per il collegamento in serie, anche qui possiamo semplicemente *sommare le conduttanze*, attive o reattive che siano, *di elementi del medesimo genere (resistenze ohmiche, induttanze o capacità) collegati in parallelo.* L'unione di conduttanze attive e reattive (suscettanze) ci conduce di nuovo al *triangolo rettangolo*, che, col suo angolo retto, misura lo sfasamento di 90° esistente tra la corrente e la tensione nella suscettanza.

Fig. 34

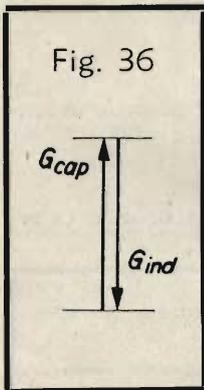
Fig. 35

Dopo le nostre riflessioni sul collegamento in serie, siamo ormai pratici di queste considerazioni e sappiamo quindi che, per le *suscettanze*, come prima per le *reattanze*, abbiamo un *angolo di fase capacitivo di 90°* ed un *angolo induttivo* pure di 90°, quindi complessivamente ancora 180°, come si vede nella fig. 35. Ciò significa che, *nel collegamento in parallelo di induttanze e capacità, le suscettanze si sottraggono l'una dall'altra.*

La *suscettanza complessiva* è quindi:

$G_{tot} = G_{cap} - G_{ind}$; oppure: $G_{tot} = G_{ind} - G_{cap}$, a seconda della suscettanza che era maggiore.

Come nel collegamento in serie avviene la compensazione delle *reattanze*, così nel collegamento in parallelo si ottiene la compensazione delle *suscettanze* o *conduttanze reattive.*

Nel caso che le due suscettanze si annullino completamente, deve essere $G_{cap} - G_{ind} = 0$. Se quindi la *suscettanza* diventa zero, bisogna che il suo reciproco, che è la *reattanza*, divenga *assai grande*, nel caso limite teorico addirittura infinita. Voi indovinate già che questo crescere a dismisura della reattanza dipende dalla frequenza, poichè questa era infatti la particolarità del *circuito oscillante in parallelo.* Il calcolo confermerà infatti anche questo risultato. A questo scopo introduciamo nuovamente le relazioni che esprimono le suscettanze e svolgiamo gli stessi ragionamenti, come nel caso del *circuito in serie,* ma per le *suscettanze*, invece che per le *reattanze.* Come sapete:

Fig. 36

$$G_{cap} = \frac{1}{R_{cap}} = \omega C \quad ; \quad G_{ind} = \frac{1}{R_{ind}} = \frac{1}{\omega L}$$

Cominciamo col caso di una frequenza bassa; la corrente passa quasi completamente attraverso l'induttanza e la compensazione dovuta alla capacità è ancora quasi impercettibile. La *suscettanza capacitiva* aumenta con la frequenza, mentre quella *induttiva* diminuisce, finchè, a una determinata frequenza, che possiamo senz'altro chiamare « *frequenza di risonanza*, si ha la compensazione completa (fig. 36). Le due frecce sono uguali e contrarie; ciò che significa che la suscettanza complessiva si annulla. Col calcolo si ricava:

$$\omega C - \frac{1}{\omega L} = 0; \qquad \omega C = \frac{1}{\omega L} \quad ; \quad \omega^2 C = \frac{1}{L} \quad ; \quad \omega^2 = \frac{1}{LC}$$

e quindi ancora la *formula di Thomson*: $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, ossia: $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

Come vedete, questi calcoli confermano quanto abbiamo esposto nella Dispensa N. 11 in merito al circuito oscillante. Siamo pervenuti alla *frequenza di risonanza* dopo aver seguito fino in fondo l'esigenza della compensazione completa. La compensazione completa fa scomparire tutte le suscettanze o conduttanze reattive, il che spiega l'*elevata resistenza* che si ottiene, quando il circuito è accordato sulla *frequenza di risonanza.* A questo proposito non cambia nulla, se la risonanza viene ottenuta variando la frequenza in un circuito con *L* e *C costanti*, oppure se si procede come nella radio, variando il valore del *condensatore (variabile)*, a frequenza costante.

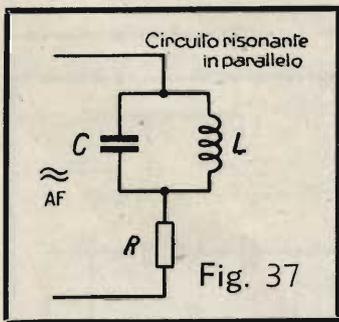
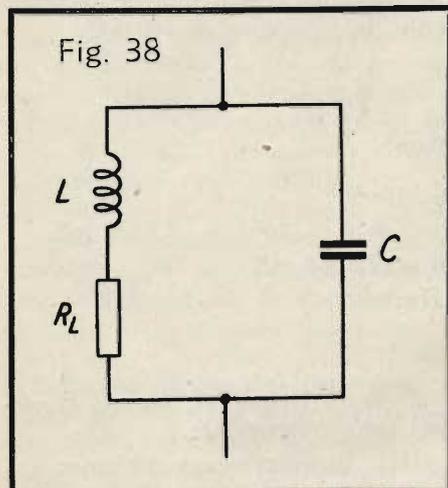



Fig. 37

Il *circuito di risonanza in parallelo* può servire per *bloccare* le correnti di una determinata frequenza. Nella fig. 37, la resistenza del circuito in parallelo alla frequenza $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ è tanto elevata, che il passaggio della corrente attraverso alla resistenza *R* viene impedito; abbiamo così un risultato analogo a quello ottenuto col *circuito di risonanza in serie* della fig. 33. A tutta prima è sorprendente che circuiti di risonanza in serie ed in parallelo, costituiti dai medesimi elementi *L* e *C*, presentino la risonanza alla medesima frequenza, benchè la resistenza del primo sia piccolissima, quella del secondo elevatissima.

Analizzando le premesse dei due circuiti di risonanza, la cosa si spiega. In ciascun caso abbiamo supposto l'esistenza di *reattanze pure*, prive di perdite. Nel primo caso abbiamo postulato l'eguaglianza delle reattanze, nel secondo delle suscettanze. Ora è ovvio che, se sono uguali le reattanze, sono pure uguali le suscettanze. Pertanto l'esigenza della compensazione, sia delle reattanze che delle suscettanze, porta sempre al medesimo risultato, ossia alla *formula di Thomson.*

Il circuito di risonanza in parallelo con perdite

In tale circuito le condizioni non sono, purtroppo, così semplici come nel *circuito di risonanza in serie.* Il *condensatore* può essere considerato anche qui *privo di resistenza ohmica* e si perviene così allo *schema equivalente* della fig. 38.

La resistenza del filo della bobina è rappresentata dalla *resistenza* R_L, in serie all'induttanza L.

Prima di procedere facciamo un'importante osservazione:

Fig. 40

Gcap

Gind

« *Non è possibile compensare le resistenze ohmiche* ».

L'*angolo di fase* tra la corrente e la tensione nel ramo della bobina (figura 38) è minore di 90°, a causa della resistenza ohmica contenuta in questo ramo. Il *condensatore* presenta invece uno *sfasamento* che corrisponde con sufficiente precisione a 90°. L'*angolo complessivo* è però *inferiore a 180°*, per la qual cosa *la compensazione completa non è più realizzabile,* come risulta dalla fig. 39. Non essendoci una direzione opposta, la *conduttanza apparente (ammettenza) complessiva* non può annullarsi completamente.

Badate poi di non cadere in un facile ragionamento sbagliato. A tutta prima può infatti sembrare che, per avere la compensazione totale, il *condensatore* debba contenere tanta resistenza, da ottenere lo stesso *angolo di fase,* come nel ramo della bobina. Ma la fig. 40 dimostra che nemmeno in questo caso si avrebbe la direzione opposta necessaria per la compensazione.

La resistenza di risonanza

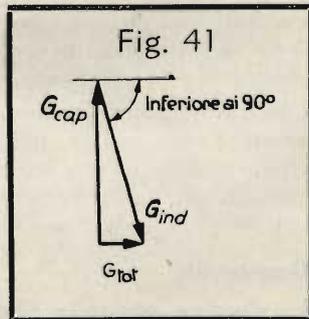
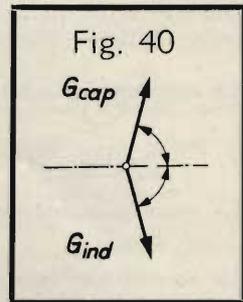
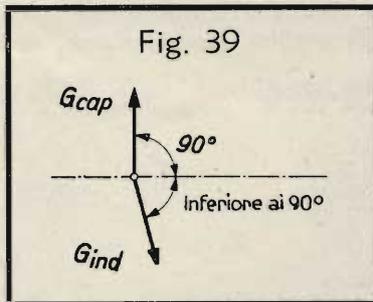
Se l'*ammettenza complessiva,* ottenuta col triangolo della fig. 41, non è esattamente zero, anche l'*impedenza* non è, naturalmente, infinita. Dato che le *resistenze di perdita* non si possono mai evitare completamente, abbiamo sempre parlato prudentemente di *resistenze elevate,* oppure di *conduttanze basse,* che si ottengono alla risonanza del circuito in parallelo.

Aumentando la resistenza R_L in rapporto all'induttanza *L, l'ammettenza complessiva* G_{tot} aumenta, perchè l'angolo di fase, nel ramo della bobina, diventa sempre più piccolo (fig. 39). Nel caso della *risonanza,* cioè quando le suscettanze capacitiva e induttiva sono uguali, l'*ammettenza complessiva è attiva* (fig. 41) ed è quindi una *conduttanza.* Si parla perciò di *resistenza* (e non di *impedenza*) *di risonanza.* Per avere un'elevata *resistenza di risonanza,* bisogna dunque (sembra un paradosso) *avere una piccola resistenza* R_L, soprattutto se confrontata con l'induttanza *L.* Bisogna avere quindi *una forte induttanza L,* ossia una *piccola suscettanza induttiva* e, di conseguenza, per compensare quest'ultima, anche una *piccola suscettanza capacitiva.* Come risulta dalla formula $G_{cap} = \omega C$, facendo *C* più piccolo, la suscettanza capacitiva diminuisce. Per avere un'elevata *resistenza di risonanza,* bisogna quindi che anche la capacità *C* sia *piccola.* La formula (61), assai semplice da scrivere, esprime il valore della *resistenza di risonanza* R_{ris}, che tiene conto delle relazioni sopra espresse:

$$R_{ris} = \frac{L}{C \cdot R_L} \qquad \text{. . . . . Formula (61)}$$

Questa semplice formula vale solo, in quanto le perdite (e quindi R_L) siano *relativamente piccole.* Fortunatamente, questa esigenza è sempre soddisfatta nella tecnica delle *AF.* Si noti il fatto importante che *la formula di Thomson per la determinazione della frequenza di risonanza vale anche in questo caso.* Il semplice esempio riportato qui di seguito contiene dei valori, che vanno considerati normali per la gamma delle onde medie, che è quella che più interessa.

Esempio:

Calcoliamo la frequenza e la resistenza di risonanza per un condensatore da 200 pF ed una bobina da 0,2 mH con 10 ohm di resistenza ohmica. Per la *frequenza di risonanza* otteniamo il medesimo valore del nostro esempio del *circuito in serie,* ossia: $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{0{,}2 \,.\, 10^{-3} \,.\, 200 \,.\, 10^{-12}}} = 796\ kHz$. La *resistenza di risonanza,* calcolata con la formula (61), diventa: $R_{ris} = \frac{L}{R_L \cdot C} = \frac{0{,}2 \,.\, 10^{-3}}{10 \,.\, 200 \,.\, 10^{-12}} = \frac{2 \,.\, 10^{-4}}{2 \,.\, 10^{-9}} = \frac{1}{10^{-5}} = 10^5\ Ohm$

Da questo esempio vedete che la resistenza di risonanza dei circuiti oscillanti usati negli apparecchi radio si aggira generalmente sul valore di 100 kΩ. Poichè, come sapete, l'amplificazione dipende in misura elevata dal valore della resistenza anodica, vogliamo esaminare come varia l'*ammettenza* o, ciò che fa lo stesso, l'*impedenza complessiva*, quando il circuito non è accordato.

Quando la frequenza si allontana sensibilmente dalla risonanza, possiamo fortunatamente fare a meno di tener conto della resistenza di perdita. Consideriamo, come nell'esempio precedente, la *frequenza di 100 kHz.*

La *suscettanza induttiva* è allora: $G_{ind} = \frac{1}{R_{ind}} = \frac{1}{2\pi \cdot 10^5 \cdot 0{,}2 \cdot 10^{-3}}$

$G_{ind} = \frac{1}{125{,}6} = 7{,}96\ mS$

La *suscettanza capacitiva* è: $G_{cap} = 2\pi \cdot 10^5 \cdot 200 \cdot 10^{-12}$

$G_{cap} = 4\pi \cdot 10^5 \cdot 10^{-10} = 4\pi \cdot 10^{-5} = 0{,}1256\ mS.$

La *suscettanza complessiva* è: $G_{tot} = 7{,}96 - 0{,}1256 = 7{,}8344\ mS.$

Il *valore reciproco* ci dà la *reattanza* del complesso alla frequenza di 100 kHg:

$$R_{tot} = \frac{1}{G_{tot}} = \frac{1}{7{,}8344 \cdot 10^{-3}} = \frac{10^3}{7{,}8344} = 127{,}5\ ohm.$$

Come vedete, questo valore è talmente piccolo in confronto a 100 kΩ, che a questa frequenza, usando il *circuito di risonanza* come *impedenza anodica*, l'amplificazione risulterebbe del tutto trascurabile.

Analoghe circostanze si hanno alle *frequenze più elevate*, per esempio a 2 MHz. In questo caso abbiamo:

$$G_{ind} = \frac{1}{R_{ind}} = \frac{1}{2512} = 0{,}398\ mS. \quad G_{cap} = 2\pi \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 200 \cdot 10^{-12} = 8\pi \cdot 10^{-4} = 2{,}512\ mS.$$

G_{tot} è la differenza dei due valori:

$G_{tot} = 2{,}512 - 0{,}398 = 2{,}114$ mS, e quindi:

$$R_{tot} = \frac{1}{G_{tot}} = \frac{1}{2{,}114 \cdot 10^{-3}} = 473\ ohm.$$

Anche questo valore è molto piccolo rispetto a 100 kΩ.

Faremo infine un'osservazione interessante. Mentre nel *circuito in serie*, a frequenze inferiori a quella di risonanza, predomina la *reattanza capacitiva*, nel *circuito in parallelo* è invece maggiore la *suscettanza induttiva*. Pertanto *nel circuito in serie la corrente precede la tensione*, alle frequenze inferiori alla risonanza. *Nel circuito in parallelo, invece, alle frequenze inferiori alla risonanza, la corrente segue la tensione.* Alle frequenze superiori alla risonanza, tutte le condizioni si invertono.

Con queste considerazioni abbiamo dato, in un certo senso, delle basi teoriche ai nostri precedenti ragionamenti. Come vedete, nella tecnica dell'*AF*, per comprendere bene i fenomeni servono anche i calcoli. Il principale vantaggio per voi consiste però nel prendere familiarità con i valori che i vari elementi costitutivi del circuito oscillante presentano in pratica. Sarete così in grado di comprendere presto il funzionamento di un apparecchio radio, osservandone lo schema.

Domande

1. Come è costituita l'impedenza complessiva del collegamento in serie di un'induttanza con una capacità?
2. Che cosa si ottiene con l'azione contraria delle reattanze capacitive e induttive?
3. Qual è il valore dell'impedenza complessiva di un circuito di risonanza in serie con perdite, in condizione di risonanza?
4. Come si calcola la frequenza di risonanza di un circuito di risonanza in parallelo a scarse perdite?
5. Da che dipende la resistenza di risonanza del circuito oscillante in parallelo a scarse perdite?
6. Calcolate la resistenza di risonanza di un circuito di risonanza in parallelo, con L = 0,15 mH, C = 400 pF ed R_L = 8 ohm.

RADIOTECNICA

DISTURBI E PROTEZIONE CONTRO GLI STESSI

Soprattutto agli inizi della radio, l'ascolto delle stazioni piuttosto distanti era, più o meno, questione di fortuna. Quando si riusciva ad ottenere una ricezione chiara, cominciavano improvvisamente nella cuffia o nell'altoparlante tali crepitii, da togliere completamente il gusto di ascoltare. Ben presto si studiarono scientificamente le cause dei disturbi e, una volta riconosciute, si poterono combattere. La tecnica dell'*eliminazione dei disturbi* è oggi un ramo importante e indipendente dalla radiotecnica, senza il quale tutto lo sviluppo della radio sarebbe stato impossibile.

Le cause dei disturbi

Nella Dispensa N. 13, parlando della schermatura del cavo di discesa d'antenna, abbiamo accennato al fatto che

i disturbi partono da qualsiasi posto ove si formino delle *scintille*. Come si vede nella fig. 42, le più disparate apparecchiature elettriche possono divenire dei generatori di onde disturbatrici. Voi tutti conoscete inoltre, per esperienza, quella che è la più potente sorgente di disturbi.

I *fulmini*, che scoccano durante i temporali, non sono infatti altro che *scintille* particolarmente lunghe e potenti, i cui effetti si fanno percepire in una vasta cerchia. Mentre le altre cause di disturbi si possono combattere con relativa facilità, siamo purtroppo impotenti di fronte al fulmine. In questo caso è infatti impossibile l'applicazione di adeguate protezioni contro i disturbi, nel punto di formazione della scintilla.

Una perfida causa di disturbi è costituita dai cosiddetti « *contatti vacillanti* ». Dato il gran numero di *saldature* esistenti in un apparecchio radio, non si possono evitare completamente le cosiddette « *saldature fredde* ». Ogni *cattiva saldatura* costituisce infatti un *contatto*, che si apre o si chiude al più lieve scuotimento. Avrete certamente già osservato che certe radio, quando subiscono qualche lieve urto, producono degli orribili crepitii nell'altoparlante. La causa di questo fenomeno è costituita dai cattivi contatti nei quali, ad ogni urto, si formano delle *minuscole scintille* che provocano i fastidiosi disturbi.

Poichè le correnti che fluiscono all'interno dell'apparecchio sono tutte minuscole, anche le scintille sono piccolissime e non disturbano che il proprio apparecchio.

Non occorre che ci dilunghiamo a descrivere il modo di evitare i disturbi dovuti ai *cattivi contatti*; comunque il problema più difficile è sempre quello di *trovare la saldatura fredda*, causa del guaio.

La propagazione dei disturbi

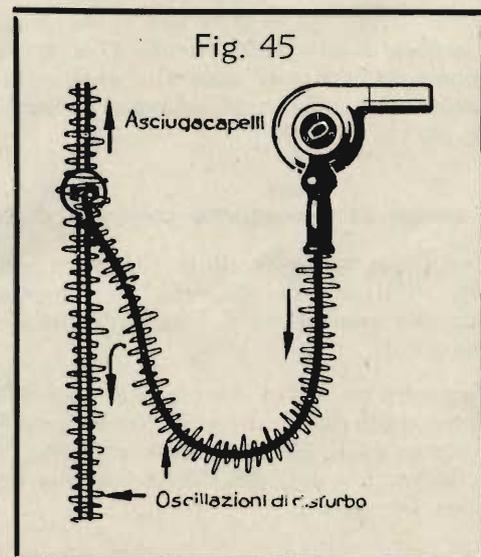
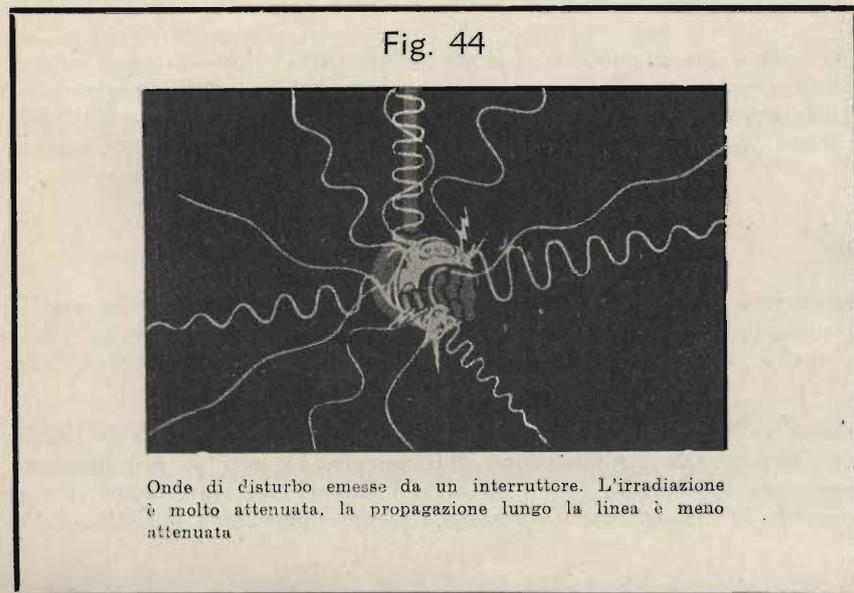
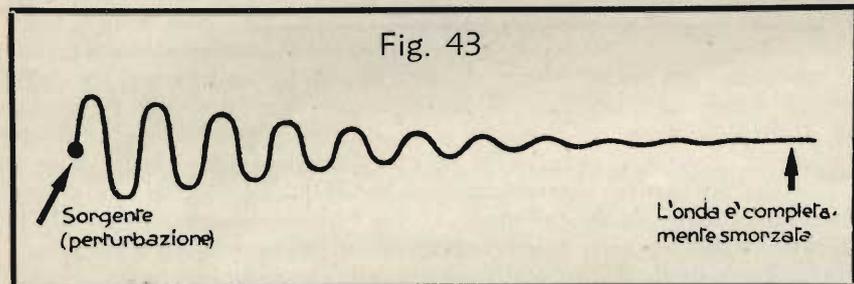
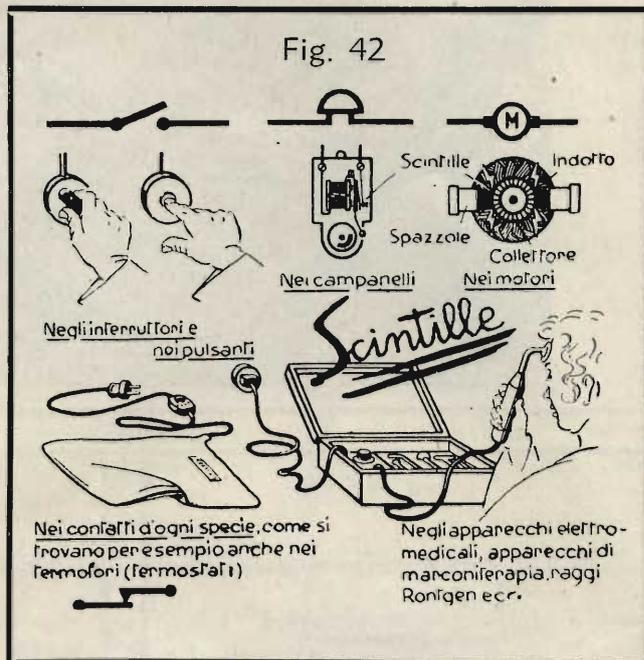
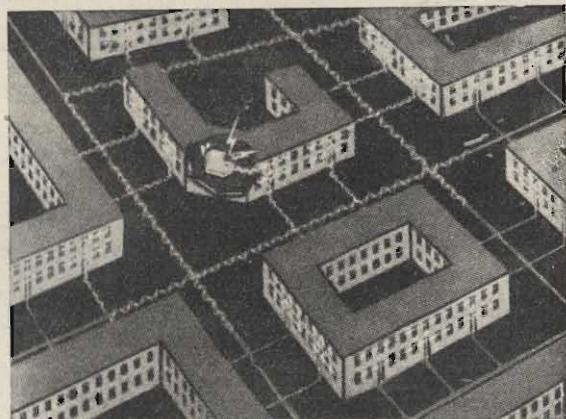
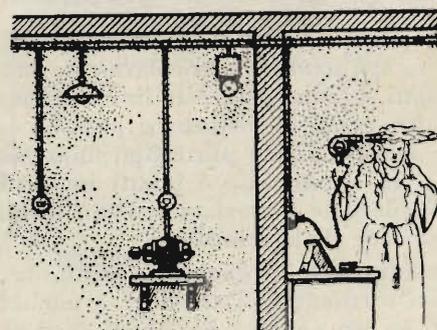
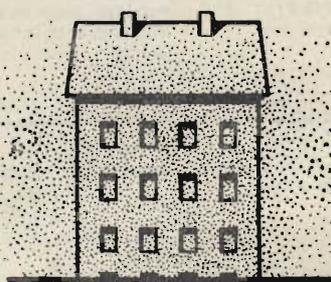
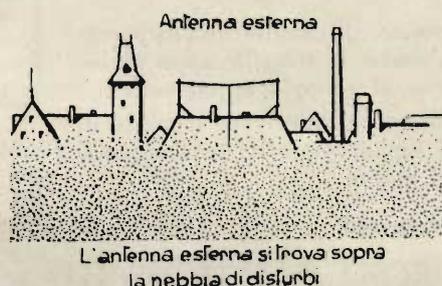
Come abbiamo spiegato nella Dispensa N. 13, i disturbi sono provocati da *onde delle più disparate lunghezze*. Per la propagazione di un'onda non basta, però, che ci sia un generatore o trasmettitore: occorre anche un'*antenna*. Naturalmente nessuno penserà a dotare le sorgenti di disturbi di un'apposita antenna! L'onda si irradia infatti dal punto ove si forma il disturbo. La *portata delle onde di disturbo* rimane perciò *relativamente limitata*. *Le onde di disturbo diminuiscono inoltre d'ampiezza man mano che si allontanano dall'origine* (fig. 43). La *diminuzione dell'ampiezza di un'onda*, sia un'onda acustica, d'acqua, di luce o elettrica, si chiama « *smorzamento* », « *decremen-*

Onde di disturbo emesse da un interruttore. L'irradiazione è molto attenuata, la propagazione lungo la linea è meno attenuata

Fig. 46

Fig. 47

Fig. 48

Fig. 49

to » o anche « *attenuazione* ». Le onde di disturbo vengono quindi smorzate o attenuate abbastanza fortemente. Pensate un po' quanti ostacoli esse devono superare: case, tetti, muri, ecc. Nella fig. 44 si vede un comunissimo *interruttore della luce*. Ogni volta che esso viene azionato, diventa per un istante un trasmettitore di disturbi. Delle onde smorzate delle più differenti lunghezze se ne dipartono per tutte le direzioni. Notiamo però una particolarità. Le *onde di disturbo* si propagano infatti non solo nello spazio, ma, in modo speciale, e molto bene, *lungo i conduttori elettrici*. Come si vede nella fig. 44, l'attenuazione delle onde è molto minore nella linea che nello spazio libero. Ciò risulta chiaramente anche dalla fig. 45. Il cosiddetto « *asciugacapelli* » contiene un motorino universale, dotato di un collettore, ove si formano continuamente delle scintille. Soprattutto se le spazzole sono difettose, si ha un vero *fuoco* continuato e l'apparecchio si comporta come un fastidiosissimo trasmettitore di disturbi. Le *onde di disturbo* si propagano *lungo le linee elettriche d'illuminazione* e possono infestare così intere zone. La fig. 46 mostra come un solo disturbatore può danneggiare le radioaudizioni di tutto un quartiere.

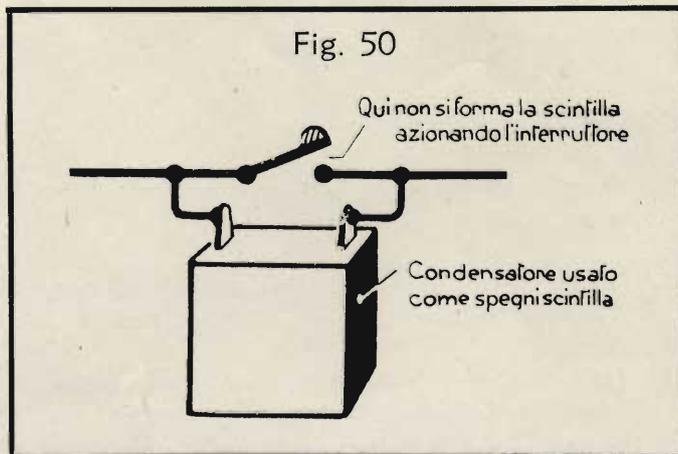
Dopo queste spiegazioni non vi stupirete alla nostra affermazione che *le case e gli edifici sono immersi in una « nebbia di disturbi »* (figure 47 e 48). La città stessa (fig. 49) è coperta di questa nebbia, dalla quale sporgono solo le sommità più alte degli edifici ed è perciò che conviene usare le *antenne esterne*. Le *linee d'illuminazione* fungono anch'esse come *antenne emittenti di disturbi* ed influenzano così le antenne riceventi, specie se interne.

I mezzi di protezione contro i disturbi

Purtroppo non è possibile eliminare completamente la *nebbia di disturbi*. Esistono però dei mezzi che, applicati all'origine dei disturbi, ne riducono l'intensità, al punto da eliminare la sensazione fastidiosa. È assai importante combattere i disturbi all'origine, perchè nell'apparecchio ricevente non è più possibile separarli dalle onde utili.

Pensiamo un po' in che modo si possano combattere le onde di disturbo. Intanto è ovvio che i mezzi di protezione applicati alle linee elettriche non devono impedire la propagazione dell'energia. Le reti di distribuzione portano quasi esclusivamente corrente di frequenza industriale (42 o 50 Hz). I disturbi si rinvengono invece nella gamma dell'*AF*. *L'eliminazione dei disturbi si riduce così al problema della separazione dell'alta dalla bassa frequenza.*

Conoscete ormai i mezzi adatti a questo scopo: *condensatori* e *bobine d'impedenza*. Il *condensatore* conduce tanto meglio, quanto più la frequenza diventa elevata. Inserito tra i due conduttori di una linea, *cortocircuita soprattutto le alte frequenze*. La *bobina d'impedenza* si comporta invece nel modo opposto. La sua reattanza cresce con la frequenza; *le frequenze elevate non riescono praticamente più a passare*. Una bobina d'impedenza, che costituisce un ostacolo trascurabile per le correnti a frequenza industriale, inserita in serie nella linea, può formare una barriera insormontabile per le *onde di disturbo ad AF*. Naturalmente la *massima efficacia* nella lotta contro i disturbi si avrà con la *combinazione dei due mezzi*. Nei casi difficili si inseriscono quindi dei *condensatori in parallelo* e delle *bobine in serie*.

C'è poi un'altra ragione per cui il *condensatore* ha la parte primaria nella tecnica della protezione contro i disturbi. La sorgente delle onde disturbatrici è sempre una scintilla o un arco, che può formarsi, per esempio, in un interruttore, nell'istante in cui le molle di contatto si allontanano. Collegando un condensatore ai contatti, esso rimane inserito in parallelo all'interruttore, dopo l'apertura di quest'ultimo (figura 50). Prima di aprire il contatto, il condensatore è scarico; dopo l'apertura, esso deve caricarsi e assorbe perciò una certa corrente, che incomincia relativamente intensa e ricade in breve tempo a zero. Potendo attraversare il condensatore, la corrente non si sogna nemmeno di formare un arco per passare da un contatto all'altro. D'altra parte, quando il condensatore è caricato e la corrente non lo può più attraversare, l'interruttore si è già aperto a una distanza sufficiente per rendere del tutto impossibile la formazione dell'arco. Il compito del cosiddetto « *condensatore spegniscintilla* », il quale però non spegne le scintille, ma ne impedisce semplicemente la formazione, consiste quindi nel *guadagnare il tempo occorrente ai contatti*, per allontanarsi fino a una distanza sufficiente perchè la tensione esistente non la possa superare. Questo tempo è d'altronde generalmente *inferiore al millesimo di secondo*.

Continueremo questo Capitolo nella prossima Dispensa, esponendo alcuni esempi pratici di protezione contro i disturbi.

Risposte alle domande di pag. 24

1. L'impedenza complessiva di un collegamento in serie di induttanze e capacità è uguale alla differenza delle reattanze singole.
2. L'azione contrastante delle reattanze induttive e capacitive consente la loro compensazione.
3. L'impedenza complessiva di un circuito in serie con perdite, nella condizione di risonanza, è uguale alla resistenza ohmica della bobina.
4. La frequenza di risonanza di un circuito oscillante in parallelo a scarse perdite si calcola secondo la formula di Thomson: $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.
5. Quando le perdite sono relativamente basse, la resistenza di risonanza di un circuito oscillante in parallelo cresce col valore dell'induttanza L e diminuisce col crescere della resistenza di perdita R_L e della capacità C.
6. Si trova: $R_{ris} = \frac{L}{R_L \cdot C} = \frac{0{,}15 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 400 \cdot 10^{-12}} = \frac{0{,}15 \cdot 10^{-3}}{32 \cdot 10^{-10}} = \frac{0{,}15}{32 \cdot 10^{-7}} = \frac{0{,}15}{32} \cdot 10^7 = \frac{150 \cdot 10^4}{32}$
   $= 46\,875$ ohm $= 46{,}875$ kΩ.

Domande per il capitolo «Disturbi e protezione contro gli stessi»

1. Qual è la causa della formazione di oscillazioni di disturbo?
2. Quali sono i mezzi usati per combattere i disturbi?

Risposte alle domande di pag. 27

1. La formazione delle oscillazioni di disturbo è dovuta alle scintille provocate da apparecchi e macchine elettriche.
2. Per combattere i disturbi della radio si impiegano bobine e condensatori.

COMPITI

1. Quali sono i vantaggi dell'amplificatore a filtro di banda nei confronti dell'amplificatore a semplice circuito oscillante a risonanza?

2. In quale relazione stanno tra loro le tensioni ai capi degli elementi di un filtro d'*AF*, composto da $R = 6{,}5\ k\Omega$ e $C = 0{,}05\ \mu F$, alla frequenza di 250 kHz?

3. Quale dev'essere il rapporto di un trasformatore d'adattamento per altoparlante, se in quest'ultimo, che ha una resistenza di 5 ohm, si deve consumare una potenza di 2 watt, e se la massima corrente anodica alternata erogabile dalla valvola finale ammonta a 20 mA? Qual è il valore della tensione anodica alternata, trascurando le perdite del trasformatore?

4. Perchè nei circuiti a controfase bisogna usare due valvole uguali?

5. Perchè nel sistema Lorenz l'ancoretta non viene agganciata come nel sistema Siemens?

6. Perchè un apparecchio a un solo circuito oscillante non può essere che un ricevitore ad amplificazione diretta?

7. Quali sono le alte frequenze in gioco nelle supereterodine, e quale relazione le lega?

8. Che cos'è l'impedenza caratteristica di una linea, e come si calcola con buona approssimazione?

9. In che modo si può mantenere entro limiti ristretti la diafonia?

10. Quale dev'essere la capacità di un circuito di risonanza in serie, per compensare un'induttanza di 0,25 mH alla frequenza di 400 kHz?

11. Calcolate la frequenza e la resistenza di risonanza di un circuito di risonanza in parallelo, con $R_L = 8$ ohm, $L = 0{,}18$ mH e $C = 250$ pF.

12. Perchè il circuito di risonanza in parallelo, sopra la frequenza di risonanza, si comporta praticamente come un condensatore?

13. In che modo agisce il condensatore spegniscintilla?

14. Perchè le bobine di protezione contro i disturbi devono essere inserite in serie nella linea?

15. Il condensatore in serie (padding) a un condensatore variabile da 50 a 500 pF misura 300 pF. Quali sono i valori iniziale e finale della capacità risultante, e qual è il rapporto esistente tra questi due valori?

FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 17

Formula N.°

(60) Impedenza caratteristica = $\sqrt{\frac{Induttanza/km}{Capacità/km}}$ . . . . . „ 17

(61) Resistenza di risonanza $R_{ris} = \frac{L}{C \cdot R_L}$ . . . . „ 23

DISPENSA N°. 18

CORSO DI TECNICA DELLE

TELECOMUNICAZIONI

IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA

ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 18

Riassunto della materia trattata nella dispensa precedente *pag.* 1
Radiotecnica . . . . „ 1
Disturbi e protezione contro gli stessi . . . . „ 1
1. Protezione antiparassita in un termostato . . . . . „ 1
2. Protezione antiparassita in un campanello . . . . . „ 2
3. Protezione antiparassita nei motori elettrici . . . . . „ 3
4. Protezione antiparassita nei raddrizzatori a catodo caldo „ 5
5. Protezione antiparassita nelle automobili - L'autoradio . „ 6
6. Il survoltore e la sua protezione antiparassita . . . . „ 8
Domande . . . . „ 9

Telegrafia, Telefonia . . . . „ 10
Linee aeree e cavi . . . . „ 10
L'attenuazione . . . . „ 10
Il livello . . . . „ 12
Domande . . . . „ 14
Risposte . . . . „ 14

Radiotecnica . . . . „ 14
Le valvole termoioniche . . . . „ 14
L'esodo convertitore di frequenza . . . . „ 15
La valvola convertitrice-oscillatrice . . . . „ 16
L'epotodo convertitore con triodo incorporato . . . . „ 16
L'ottodo . . . . „ 17
L'amplificazione di conversione . . . . „ 19
Domande . . . . „ 19
Le valvole ad amplificazione variabile . . . . „ 19
A che serve la tensione di controllo? . . . . „ 19
L'esodo ad amplificazione variabile . . . . „ 20
Il pentodo ad amplificazione variabile . . . . „ 21
Controllo in avanti e controllo indietro . . . . „ 22
Tensione mobile di griglia-schermo . . . . „ 23
Domande . . . . „ 24
Risposte . . . . „ 24

Telegrafia . . . . „ 24
La telescrivente . . . . „ 24
La telescrivente Creed . . . . „ 24
La corrente doppia . . . . „ 24
Trasmissione . . . . „ 25
Ricezione e scrittura . . . . „ 25
Cenno sulla telescrivente Olivetti . . . . „ 27

Radiotecnica . . . . „ 27
La controreazione . . . . „ 27
Risposte . . . . „ 28

Compiti . . . . „ 29

CORSO DI TECNICA DELLE
TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA | Dispensa N. 18

RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Uno sguardo all'indice della presente Dispensa, nella pagina a fianco, vi farà tornare in mente tutti i problemi esaminati nella Dispensa N. 17. Il primo Capitolo era dedicato agli *amplificatori*; abbiamo considerato con particolare attenzione il genere d'impedenza anodica e le varie possibilità che ne derivano per l'accoppiamento della tensione amplificata alla griglia della valvola successiva. *L'amplificatore a resistenza*, a voi noto già da tempo, rientra in questa nostra classifica, alla stessa stregua degli *amplificatori a trasformatore*, *a impedenza* ed *a risonanza*. Trattando dell'*amplificatore a trasformatore* avete conosciuto anche la ragion d'essere del *trasformatore d'adattamento* per l'altoparlante. La descrizione dettagliata dello *schema dell'amplificatore a risonanza* è stata per voi, senza dubbio, assai interessante. Abbiamo poi discusso per la seconda volta l'*amplificatore in controfase*. Dopo le spiegazioni datevi, avrete senza dubbio compreso con facilità anche lo *schema dell'amplificatore a filtro di banda*.

Come secondo, importante sistema di *telescrivente*, vi abbiamo descritto l'apparecchio della ditta *Lorenz*. Sapete ora che la principale differenza di questo apparecchio, rispetto a quello del sistema *Siemens*, risiede nel *ricevitore*. Il relè ricevente possiede una unica ancoretta, la cui posizione viene rilevata da apposite leve ad ogni impulso di codice; di conseguenza le cinque barre di codice vengono spostate in un senso o nell'altro. L'impressione dei caratteri avviene in modo analogo a quello della telescrivente Siemens.

Il paragrafo successivo vi ha fatto conoscere il *ricevitore ad amplificazione*, e vi abbiamo spiegato che cosa sia un *apparecchio ad uno o più circuiti*. Abbiamo poi trattato della *supereterodina*. Ricordate la relazione sussistente tra la frequenza dell'onda ricevuta (*FE*) e le due frequenze agenti entro la supereterodina, ossia quella dell'oscillatore (*FO*) e la media frequenza (*MF*), che è invariabile. Avete così compreso in qual modo si possa migliorare sensibilmente la selettività: basta introdurre nella supereterodina degli altri stadi d'AF, con filtri di banda fissi. Infine vi è stato illustrato il concetto dell'*allineamento*; si intende con ciò l'accordamento simultaneo del circuito oscillante d'entrata e di quello dell'oscillatore.

Un altro paragrafo era dedicato alle *linee di telecomunicazione* ed alle loro proprietà. L'*impedenza caratteristica* equivale, come ora sapete, all'impedenza d'entrata di una linea molto lunga.

Di particolare importanza erano anche i nostri ragionamenti teorici sui *circuiti di risonanza in serie* e *in parallelo*. Vedete ora chiaramente in che modo il fenomeno della risonanza elettrica si presenti, dal punto di vista teorico. Il calcolo della *resistenza di risonanza* vi fornisce un mezzo importante per giudicare le qualità degli *amplificatori a circuito di risonanza*. Potete determinare così, col puro calcolo, le dimensioni degli elementi occorrenti per la costituzione dei circuiti oscillanti.

Al termine della Dispensa c'era poi il Capitolo sui *disturbi* e sulla *protezione contro di essi*. Avete conosciuto così le cause e i modi di propagazione dei disturbi, nonchè i mezzi per combatterli. Continueremo questo argomento nella presente Dispensa e cercheremo di facilitarvene la comprensione, presentandovi degli esempi pratici.

RADIOTECNICA

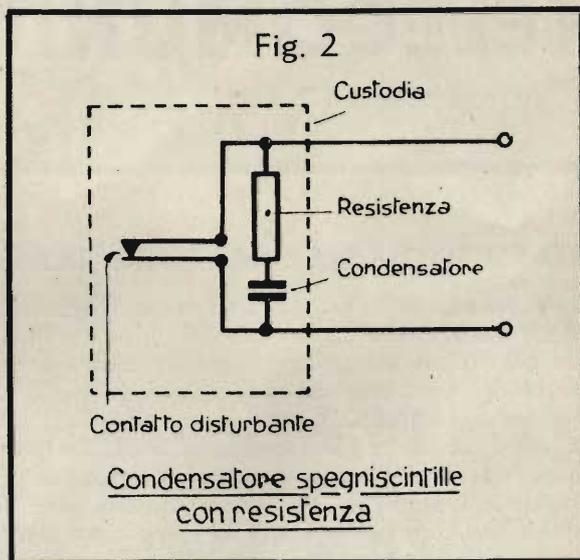
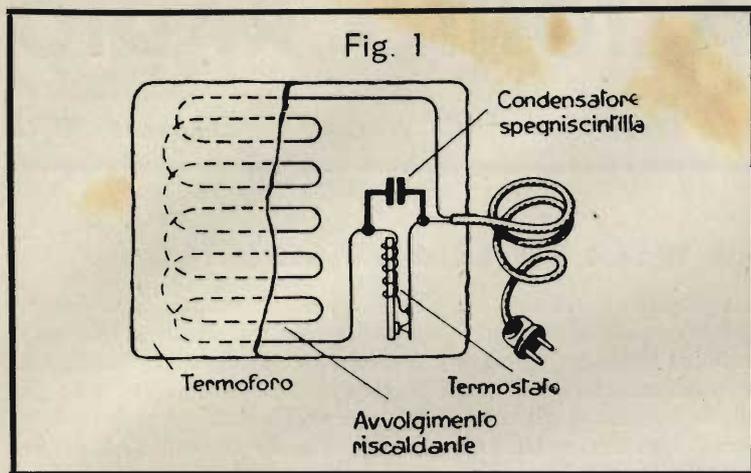
DISTURBI E PROTEZIONE CONTRO GLI STESSI

Abbiamo iniziato questo Capitolo nella precedente Dispensa, discutendo le cause dei disturbi, la loro diffusione ed i mezzi più adatti per combatterli, costituiti dai condensatori e dalle bobine. Ora invece considereremo alcuni esempi pratici.

1) Protezione antiparassita in un termostato

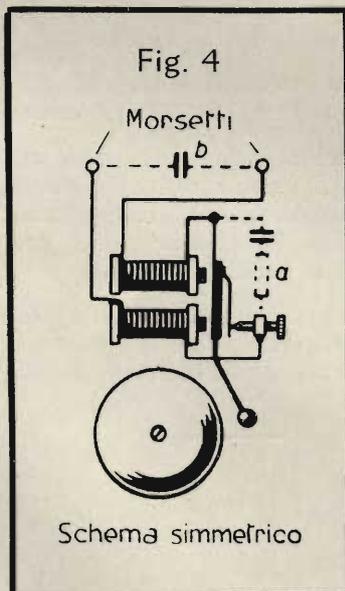
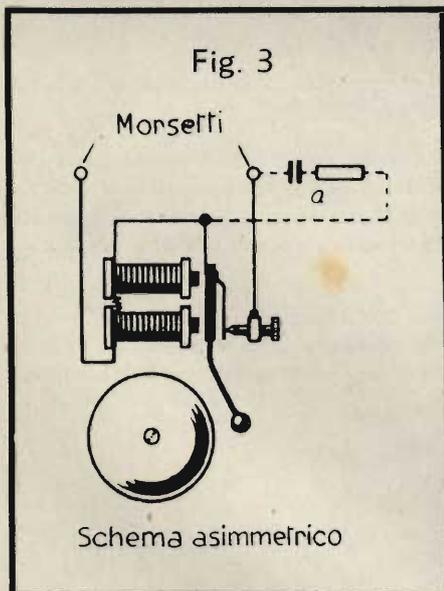
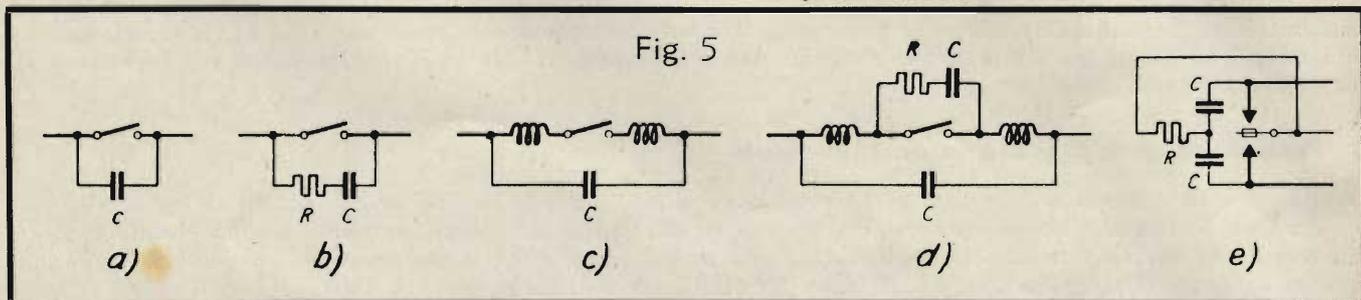
Prendiamo, per cominciare, un caso semplice. Com'è noto, i *termofori* sono sovente dotati di un *termostato*, il quale non è altro che un *interruttore*, che apre il circuito quando la temperatura è troppo elevata e lo richiude quando essa si è nuovamente abbassata. Nella maggioranza dei casi un *condensatore*, inserito in derivazione al contatto ed al termostato, è sufficiente per eliminare i disturbi (fig. 1). Come abbiamo spiegato nella

precedente Dispensa, il condensatore impedisce la formazione della scintilla. Nello stesso tempo costituisce, ovviamente, un *corto circuito* per le *alte frequenze parassite* che si possono formare nel punto di interruzione.

Condensatore spegniscintille con resistenza

Forse chiederete come mai il condensatore non sia allacciato direttamente ai contatti. Risponderemo a questa domanda con l'aiuto della fig. 2, che rappresenta un caso analogo. Come già sapete, quando il contatto si apre, il condensatore viene caricato, impedendo così la formazione della scintilla, purchè naturalmente la sua capacità sia sufficiente. Quando il condensatore è carico, presenta una notevole tensione tra le due armature. Chiudendo in seguito il contatto, il condensatore si scarica improvvisamente, magari formando una *scintilla*. Come vedete, il rimedio è peggiore del difetto! La fig. 2 mostra invece la *soluzione giusta*: una *resistenza da 50 o 100 ohm in serie al condensatore*. Essa ha il compito di *limitare la corrente di scarica del condensatore*. In tal modo, quando il contatto si chiude, il condensatore non viene più cortocircuitato e la temuta scintilla è pertanto soppressa. È però sempre importante di scegliere un valore adeguato del condensatore e di determinare, se necessario per mezzo di prove, la resistenza più adatta.

2) Protezione antiparassita in un campanello

Schema asimmetrico

Schema simmetrico

Si procede in modo analogo per eliminare i disturbi causati da un semplice *campanello elettrico*. La suoneria contiene infatti un contatto, le cui scintille provocano disturbi negli apparecchi radio. Nella fig. 3 abbiamo un'adatta combinazione di un *condensatore* con una *resistenza*, messa in derivazione al contatto. Osservando lo schema simmetrico della fig. 4 comprenderete perchè quello della fig. 3 si chiami asimmetrico. Seguendo il circuito della figura 4 potete notare che l'avvolgimento dell'elettromagnete è suddiviso *in due metà*, di cui una inserita a valle, l'altra a monte del contatto d'autointerruzione. Gli *avvolgimenti* vengono così sfruttati come *bobine d'impedenza* e si ottiene, in tal modo, un'ulteriore riduzione dei disturbi. Come vedete, si tratta a volte di piccolezze che, a saperne trar frutto in modo conveniente, possono sortire degli effetti sorprendenti.

La fig. 5 mostra gli schemi corrispondenti alle prescrizioni sull'eliminazione dei disturbi, emesse in Italia dall'Associazione Elettrotecnica Italiana, e in Svizzera dall'Associazione Svizzera degli Elettrotecnici. Detta figura si riferisce alla *protezione antiparassita di un relè vibratore*, di cui parleremo in relazione ai disturbi radio nelle automobili.

Conoscete ormai bene l'effetto degli elementi (*condensatori, bobine e resistenze*) usati nei diversi casi. Vi daremo tuttavia alcune indicazioni sui *valori più usati*. Per *condensatori* si scelgono delle capacità comprese tra 0,02 e 0,5 μF. Aumentando le correnti in gioco, occorrono capacità maggiori.

Negli apparecchi a corrente continua si possono usare dei *condensatori* anche più grandi, poichè tanto non possono essere attraversati dalla corrente continua. La fig. 6 mostra alcuni *condensatori antiparassiti*. Le *induttanze* di protezione hanno valori di qualche mH (fig. 7). Non dobbiamo infatti dimenticare che i disturbi sono, per loro natura, *oscillazioni d'alta frequenza* e che *bastano pertanto valori relativamente esigui d'induttanza e di capacità per ottenere degli effetti sufficienti*. I valori delle resistenze vi sono già stati indicati. C'è poi un'altra cosa molto importante: i *condensatori antiparassiti* devono avere un isolamento tale da sopportare, in ogni caso, l'*intiera tensione nominale della rete* cui sono allacciati. Le *bobine d'impedenza* d'altro lato, devono essere avvolte *con un filo abbastanza grosso*, da non provocare una caduta di tensione sensibile e da non riscaldarsi troppo per l'intensità massima di corrente che si presenta in esercizio.

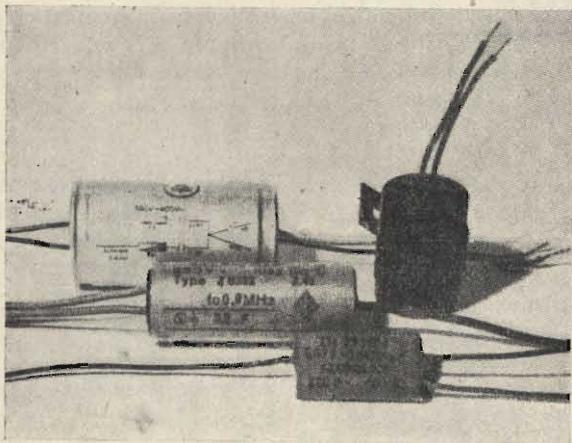



Fig. 6

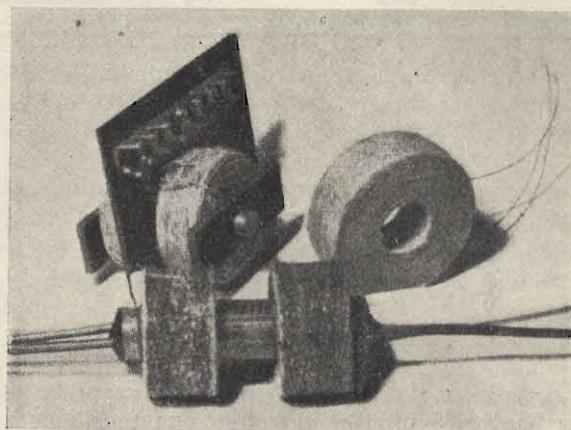
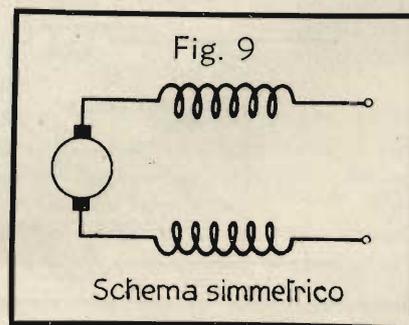
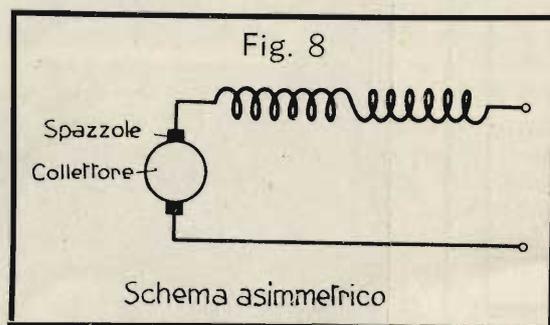



Fig. 7

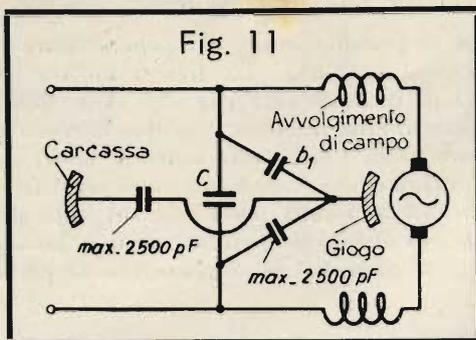
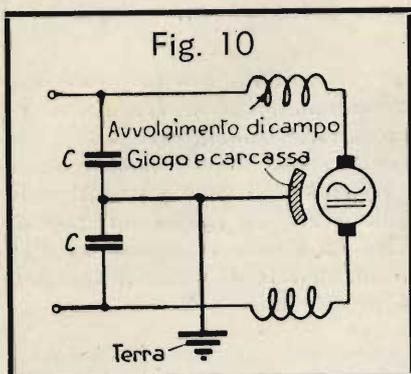
3) Protezione antiparassita nei motori elettrici

Per l'eliminazione dei disturbi provocati da *motori elettrici*, bisogna osservare dapprima se si tratta di una *macchina a collettore, ad anelli*, oppure *priva totalmente di spazzole*.

Le macchine di quest'ultimo genere non richiedono alcuna protezione, perchè non provocano disturbi; quelle del secondo tipo non danno disturbi, purchè gli anelli siano puliti ed in buono stato. Soltanto il motore a collettore, che è poi il motore universale usato negli apparecchi elettrodomestici, dev'essere munito, in ogni caso, di protezione antiparassita. La protezione può però servire soltanto a condizione che la macchina sia in perfetto ordine. Se, per esempio, il collettore è sporco, se gira eccentricamente, se le spazzole sono consumate, abbiamo degli inconvenienti contro i quali le comuni misure di protezione antiparassita sono perfettamente impotenti. Le prescrizioni per la difesa contro i disturbi causati dalle *macchine con collettore* stabiliscono pertanto, come prima cosa, che le macchine siano mantenute *in buono stato*, in modo da evitare o, per lo meno, da limitare al massimo la formazione di scintille. In secondo luogo si deve cercare di rendere difficile la propagazione delle onde di disturbo generate dalle scintille.

Una misura molto raccomandabile consiste nel *rendere simmetrici gli avvolgimenti del motore*. Dopo le nostre spiegazioni sull'eliminazione dei disturbi nei campanelli, comprenderete facilmente le figure 8 e 9. Bisogna però che la macchina ne abbia la possibilità. Il cosiddetto « *avvolgimento di campo* » del motore, o per lo meno una parte di esso, deve essere *collegato in serie all'indotto*; si ha così il vantaggio di non dover applicare il condensatore antiparassita direttamente alle spazzole, per cui si evita la scintilla di scarica del condensatore.

La ragione per cui la protezione antiparassita delle *macchine a corrente alternata* va fatta in modo differente

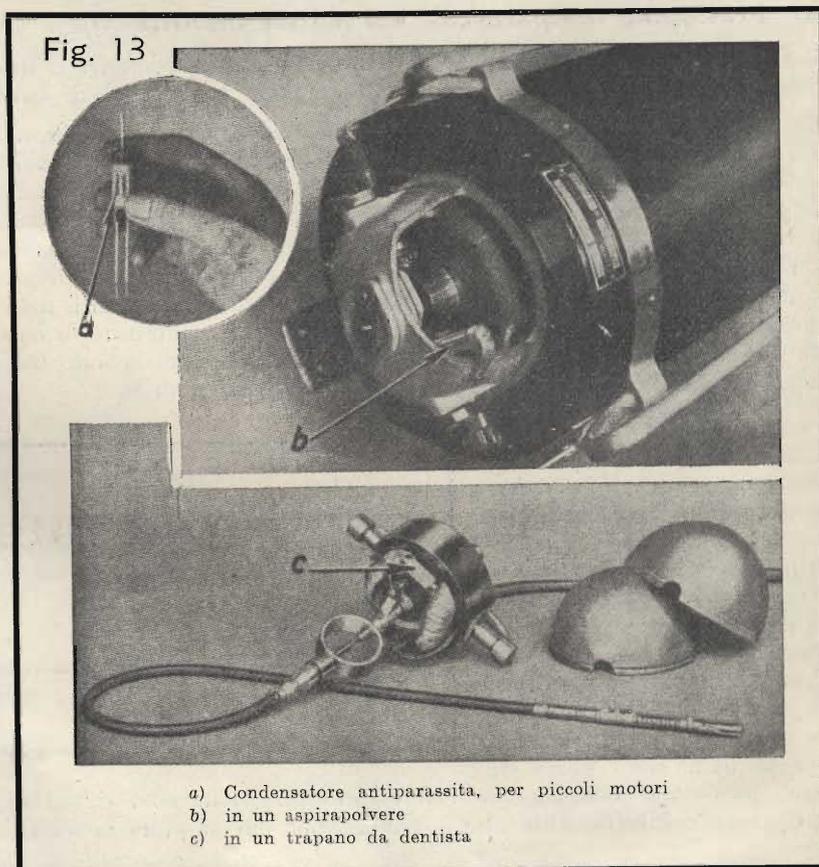
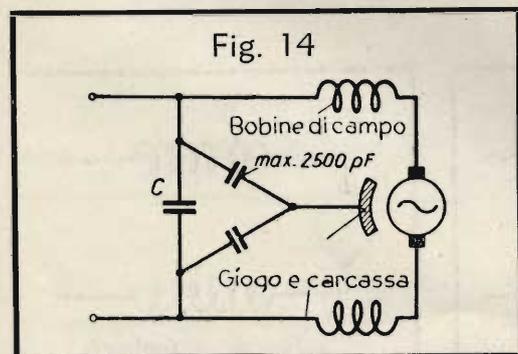
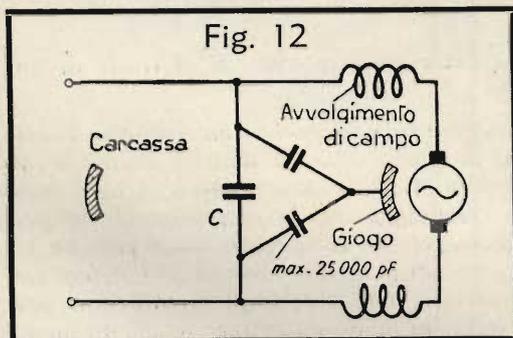
da quella delle macchine a corrente continua, è facile da comprendere. Nella lotta contro i disturbi i condensatori hanno un'importanza fondamentale. Essi lasciano però passare la corrente alternata, in misura maggiore o minore, secondo la loro capacità e secondo la frequenza della corrente; costituiscono invece sempre un blocco per la corrente continua. La fig. 10 mostra lo schema della protezione antiparassita in un *motore a corrente continua*. Esso è talmente semplice che lo comprenderete senza alcuna ulteriore spiegazione.

La cosa è più difficile nei *motori a corrente alternata*, poichè anche la corrente a frequenza industriale può attraversare i condensatori. Ne consegue la necessità di *limitare i valori di capacità*, soprattutto di quei condensatori che sono collegati con la carcassa della macchina. Supponete che, nello schema della fig. 11, il *condensatore* b_1 abbia un valore di 1 μF. La massima corrente ammissibile nel condensatore, se non si vuole esporre a pericolo le persone che potrebbero toccare la carcassa del motore, ammonta a 5 mA. In un condensatore da 1 μF ed alla frequenza di 50 Hz, questi 5 mA causerebbero una *caduta di tensione* pari a:

$$V_c = R_{cap} \cdot I = \frac{1}{\omega C} \cdot I = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 50 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^2}{2\pi} = 15{,}9\ V.$$

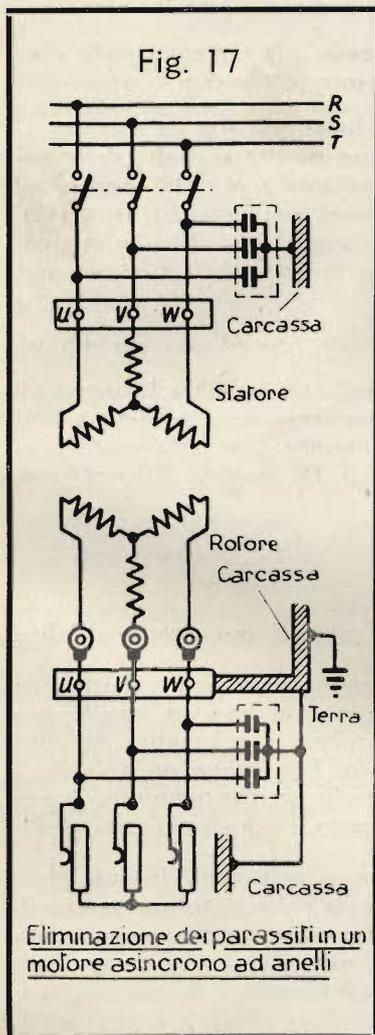
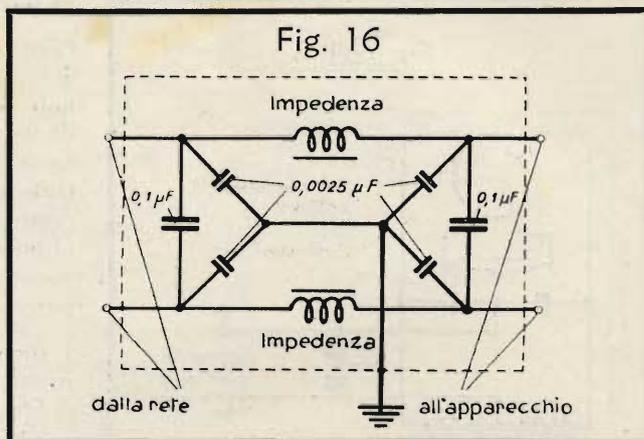
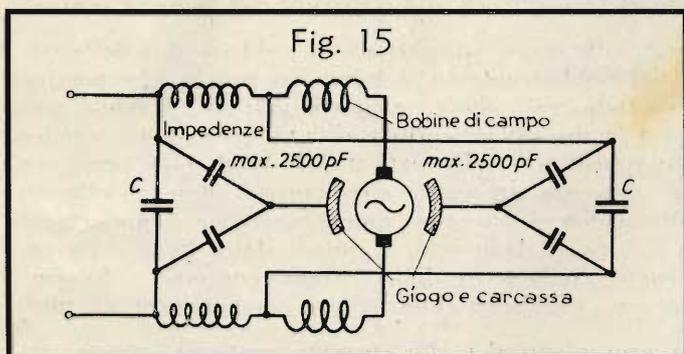
Posto che il motore funzioni con una tensione di 220 V, la persona che tocca la carcassa dovrebbe sopportare oltre 200 V, il che è senza dubbio un po' eccessivo! Se però teniamo conto del valore di b_1 effettivamente usato, cioè 2500 pF, vediamo che non c'è più pericolo. Tollerando sempre una corrente di 5 mA, troviamo che la *caduta di tensione nel condensatore* sarebbe:

$$V_c = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{2\pi \cdot 50 \cdot 2500 \cdot 10^{-12}} = \frac{5 \cdot 10^{6}}{2\pi \cdot 50 \cdot 2{,}5} = \frac{2 \cdot 10^{4}}{\pi} = 6360\ V.$$

Come vedete, la *capacità piccola* corrisponde ad un *reattanza elevata* e provoca *forte caduta di tensione*. Per far passare 5 mA, ci vorrebbe una tensione di 6360 volt.

Naturalmente, il condensatore da 2500 pF è però perfettamente sufficiente per far passare, praticamente senza ostacolo, le correnti ad alta frequenza.

La capacità del condensatore b_1 (fig. 11) va scelta anche in relazione alla più o meno buona messa a terra della carcassa. Quando si può fare affidamento su una

a) Condensatore antiparassita, per piccoli motori
b) in un aspirapolvere
c) in un trapano da dentista

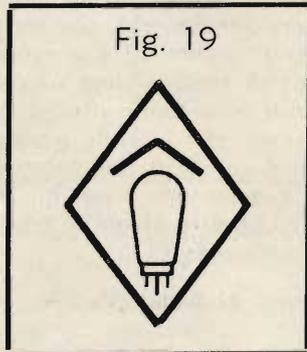
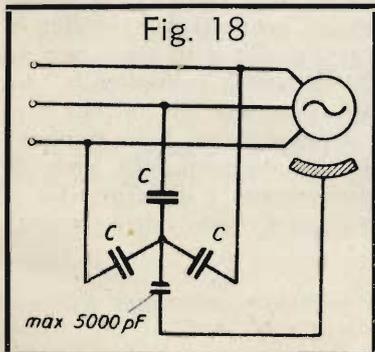
messa a terra sicura, la carcassa non può assumere alcuna tensione pericolosa e allora sono ammessi dei valori di capacità notevolmente maggiori, uguali anche a 10 volte quella indicata, come si nota nella fig. 12.

La capacità dei *condensatori*, indicati con *C* nelle figure 10, 11 e 12, viene determinata sperimentalmente. La fig. 13 mostra come vengano inseriti in pratica i *condensatori antiparassiti*, con l'esempio di un *aspirapolvere* e di un *trapano da dentista*. Il relativo schema elettrico è riportato nella fig. 14.

Dovendo dotare di protezione antiparassita un grosso *motore a collettore*, non si potrà rinunciare, nei casi più difficili, all'impiego di *bobine d'impedenza*. Nella fig. 15 trovate, a tutta prima, gli stessi condensatori indicati nella fig. 14. A questi si aggiungono delle *impedenze* e, all'occorrenza, come si vede nella figura, degli *altri condensatori*. In tal caso le *impedenze*, assieme ai condensatori, costituiscono un *filtro*, analogo a quello che abbiamo conosciuto nel raddrizzatore alimentato dalla rete. In entrambi i casi si tratta infatti di eliminare delle correnti alternate indesiderate; nell'alimentatore si tratta di correnti di bassa frequenza, qui di alta frequenza.

Naturalmente il *filtro* della fig. 15 può essere facilmente ampliato aggiungendo degli *altri condensatori*. La fig. 16 mostra un *filtro antiparassita* di questo genere, che viene usato nei casi più gravi. Esso contiene dei *condensatori inseriti prima e dopo le impedenze*; inoltre dei *piccoli condensatori aggiuntivi*, che servono per mettere a terra i terminali delle impedenze, in modo da eliminare possibilmente qualsiasi disturbo.

La fig. 17 dimostra come si debba effettuare la protezione di un *motore asincrono trifase ad anelli*. I simboli del motore vi sono già noti, almeno quanto basti per non dovercene occupare più dettagliatamente nell'ambito di questo Corso. Particolarmente importanti sono i condensatori che collegano i *morsetti degli anelli* alla terra. È indispensabile avere una buona messa a terra, altrimenti lo schema dovrebbe essere completato mediante *condensatori di protezione*, come indicato nella fig. 18, contro il pericolo che ci sarebbe nel toccare la carcassa.

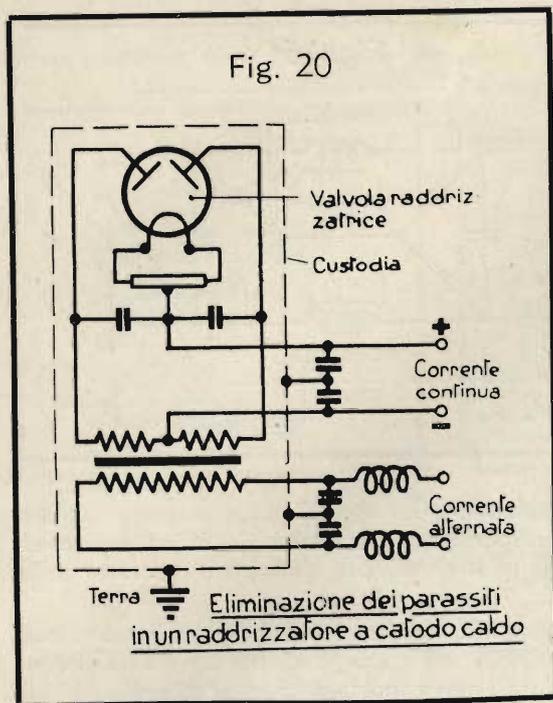
Gli altri condensatori, inseriti nei conduttori di alimentazione, servono ad impedire che i disturbi, trasmessi come in un trasformatore dall'avvolgimento rotorico a quello statorico, possano propagarsi nella rete. Trattandosi di *corrente trifase*, occorre *un condensatore per ciascuna fase*. Dopo gli esempi che vi abbiamo mostrati siete sicuramente in grado di immaginare, in qualsiasi caso, come si debba procedere per eliminare i disturbi nei motori elettrici.

Fig. 19

L'Associazione Svizzera degli Elettrotecnici (ASE) considera *sufficientemente protetti contro i disturbi radio-parassiti gli apparecchi, nei quali la tensione residua di disturbo non supera 1 mV*. Questi apparecchi hanno il diritto di essere contraddistinti dal segno speciale riprodotto nella fig. 19.

4) Protezione antiparassita nei raddrizzatori a catodo caldo

Consideriamo ora la *protezione antiparassita per un raddrizzatore a catodo caldo*, del tipo usato per trasformare la corrente alternata di rete in

corrente continua (fig. 20). Qui il filtro è meno necessario nel lato della corrente continua che in quello dell'alternata. Lo schema riportato rappresenta un *raddrizzatore a due vie*. Come in altri schemi precedenti, non è disegnata la sorgente della corrente d'accensione, che si trova in parallelo al filamento ed alla resistenza con la presa centrale.

Eliminazione dei parassiti in un raddrizzatore a catodo caldo

Come sapete dalle nostre spiegazioni sui raddrizzatori dalla rete, a seguito del raddrizzamento si forma un *ronzio*, che contiene non soltanto frequenze sonore, ma anche dell'*AF*. Si rende quindi necessaria la protezione antiparassita. Ecco perchè i condensatori antiparassiti sono allacciati tra gli anodi e la presa centrale della resistenza. In questa circostanza l'impiego della corrente continua non ci interessa, poichè vogliamo semplicemente eliminare i disturbi dalla rete, e quindi dalla *linea della corrente alternata*. Nella parte della *corrente continua* è disegnato perciò soltanto l'indispensabile *primo condensatore* di filtro.

I disturbi provenienti dal *lato corrente continua* vengono trasmessi al lato primario del trasformatore di controfase e, se non ci fosse la protezione antiparassita, si diffonderebbero nella rete.

La protezione viene attuata, collegando alla terra entrambi i terminali del primario del trasformatore, attraverso condensatori.

Trattandosi nel nostro caso di una linea percorsa da *corrente alternata*, bisogna evitare di far assumere alla custodia delle tensioni pericolose. Se la messa a terra non è più che sicura, non si possono impiegare, in questo posto, condensatori di capacità superiore a 5000 pF. La caduta di tensione è allora in essi così elevata da escludere che si possano formare delle tensioni pericolose per le persone.

Le *bobine d'impedenza* inserite in serie riducono il disturbo propagantesi nella linea, fino ad un resto minimo.

In questa occasione osserviamo ancora una volta le figure 15 e 16 della Dispensa N. 16. In detta Dispensa abbiamo spiegato che i condensatori da 5000 pF, allacciati agli avvolgimenti del trasformatore, servono a limitare i disturbi in *AF* provenienti dalla rete. Possiamo aggiungere ora che il *compito più importante degli stessi condensatori* consiste *nell'impedire che si propaghino nella rete i disturbi d'AF prodotti dal raddrizzatore stesso.*

5) Protezione antiparassita nelle automobili — L'autoradio

Comprenderete tra breve la ragione per la quale abbiamo menzionato questi due concetti uno accanto all'altro.

Le automobili moderne abbisognano di un gran numero di strumenti elettrici, posseggono una propria *centrale elettrica* autonoma e hanno così numerosi fonti di radio-disturbi. Esamineremo ad una ad una le peggiori sorgenti di tali disturbi. La cosa essenziale, che vogliamo notare subito, è però la seguente: che *tutti questi radioparassiti sono praticamente impercettibili a breve distanza dal veicolo. Essi vanno presi in considerazione e combattuti soltanto nel caso che si voglia installare un apparecchio radio nell'automobile.* I problemi che si sono presentati a questo riguardo non sono molto semplici, ma a poco a poco sono stati risolti.

La maggiore difficoltà risiede nel non poter disporre l'apparecchio ricevente a una sufficiente distanza dalle sorgenti di disutrbo. Sia l'uno che le altre sono collocati nello stesso spazio ristretto; a volte si trovano entrambi sotto il cofano della macchina. Nella Dispensa N. 14, descrivendo l'antenna da automobile, abbiamo già fatto osservare che *il cavo di discesa deve essere schermato nell'interno della vettura*; è questa una piccola ma indispensabile misura di protezione contro i disturbi provenienti da varie fonti.

La maggior parte degli autoveicoli oggi circolanti funzionano a benzina. Com'è noto, l'esplosione della miscela di carburante e d'aria, nell'interno del cilindro, viene provocata mediante una *scintilla elettrica*. A questo punto voi penserete a quanto vi abbiamo esposto finora sui disturbi, che sono sempre generati da scintille. In questo caso poi, le scintille che scoccano dalle cosiddette « *candele d'accensione* » (fig. 21) sono provocate da una tensione di alcune migliaia di volt! *L'applicazione di condensatori spegniscintilla non è consigliabile*, dal momento che qui la scintilla è proprio necessaria per il funzionamento del motore. Pensiamo un po' che cosa si può fare. Per provocare i loro fastidiosi effetti, bisogna che le onde parassite si *propaghino*. Ecco dunque: noi dobbiamo impedirne la propagazione. Come impediamo con uno schermo la penetrazione delle onde di disturbo nella *discesa d'aereo*, così possiamo ottenere, schermando i conduttori che portano i disturbi, che le onde parassite irradiate risultino fortemente indebolite. Effettivamente *la schermatura dei conduttori è un aiuto importantissimo per la protezione antiparassita nelle automobili.*

Fortunatamente lo stesso *blocco dei cilindri* è interamente di metallo e costituisce pertanto un *ottimo schermo per le candele.*

Fig. 21

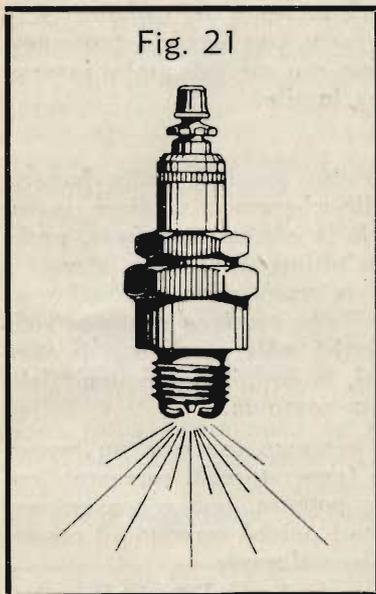
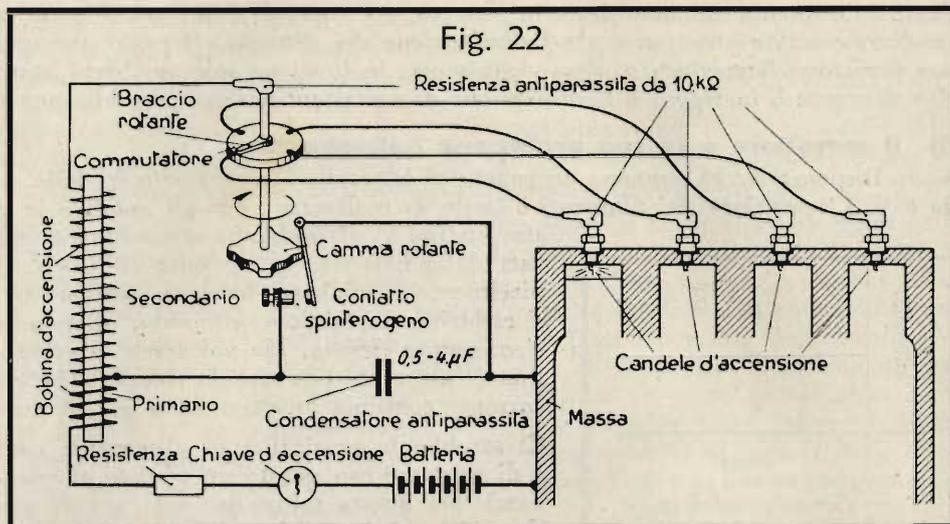



Fig. 22

Per comprendere le misure di protezione dobbiamo conoscere almeno sommariamente l'*impianto elettrico d'accensione*, di cui la fig. 22 rappresenta lo schema. Abbiamo un *circuito* che si diparte dalla *batteria*, attraversa l'avvolgimento primario della *bobina d'accensione*, nonchè il contatto dello *spinterogeno*, e torna alla batteria attraverso la massa. Ad ogni interruzione della corrente, nel secondario della bobina d'accensione viene indotta una punta di tensione (Dispensa N. 5). (I *trasformatori* nei quali gli *avvolgimenti primario e secondario sono collegati tra loro* si chiamano « *autotrasformatori* »). Poichè il numero di spire nel secondario è molto grande, per effetto dell'interruzione si forma in esso una *tensione molto elevata*.

Il *commutatore d'accensione* applica quest'impulso di tensione successivamente alle candele dei vari cilindri. Ci sono quindi *due circuiti*: il *circuito di batteria* e il *circuito d'alta tensione*, nel quale sono inserite le *candele*. Le *misure di protezione* sono differenti; *nel circuito di bassa tensione* si utilizza il *condensatore*, mentre *nella parte d'alta tensione* sono inserite, in luogo delle bobine d'impedenza, delle *resistenze di valore elevato*.

I condensatori non entrano in considerazione nel circuito d'alta tensione, poichè sarebbero troppo costosi, dovendo sopportare delle tensioni così alte ed inoltre impedirebbero la formazione della scintilla.

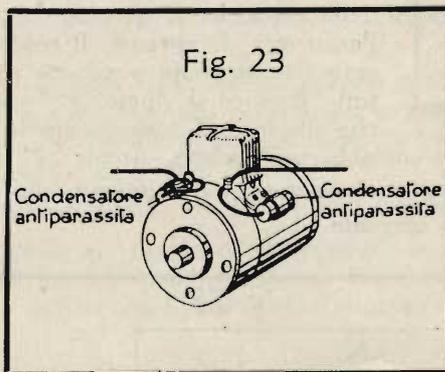
L'effetto del condensatore è chiaro. Esso *riduce le scintille nel contatto* e rappresenta contemporaneamente un buon *corto circuito per le oscillazioni parassite ad alta frequenza*. Il valore del condensatore, che conduce a massa anche i disturbi provenienti dal lato secondario, si aggira tra 0,5 e 4 μF. Fortunatamente non occorre, per l'accensione, che la corrente delle scintille sia forte. Occorre invece un'alta tensione, per avere la sicurezza che la scintilla scocchi effettivamente, provocando l'accensione. Voi però sapete, da quanto abbiamo spiegato in precedenza, che l'effetto di disturbo è causato soprattutto dalla corrente delle scintille. Ecco dunque la prima utilità delle *resistenze di protezione* da 10 kΩ, contenute, come risulta dalla fig. 22, *nei cappucci delle candele*. In secondo luogo, queste resistenze, inserite tra la linea e la punta della candela, ove si forma la scintilla, hanno la medesima funzione delle *impedenze di protezione*: *ostacolano il passaggio delle onde parassite*. Se si vuole fare qualcosa di più, si possono schermare i *cavetti d'accensione*; allora però bisogna badare che, al massimo ad ogni mezzo metro, ci sia un *buon collegamento tra lo schermo ed il telaio dell'automobile*.

È ovvio in qual modo si possa stabilire, nei casi dubbi, se l'origine dei disturbi risiede effettivamente nell'impianto d'accensione. Si fa funzionare la radio nell'automobile, col motore acceso, e si osserva se si producono dei disturbi. Inoltre si possono distaccare le candele a una a una, per trovare quella che produce i maggiori disturbi. Altri parassiti continuati possono provenire dalla *dinamo per l'illuminazione*. Trattandosi però di una macchina per corrente continua di bassa tensione (generalmente 6,3 volt), bastano, di solito, dei *condensatori di uguale capacità*, come quello per la bobina d'accensione; ciò benchè la dinamo sia dotata di un apposito regolatore per mantenere costante la tensione alle differenti velocità. La fig. 23 mostra il modo più pratico per l'applicazione di questi *condensatori di protezione*.

Fig. 23

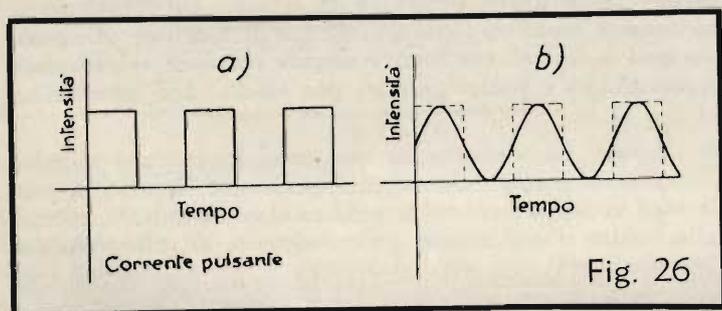
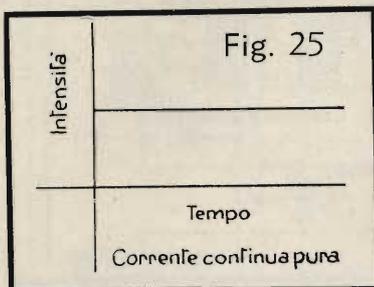
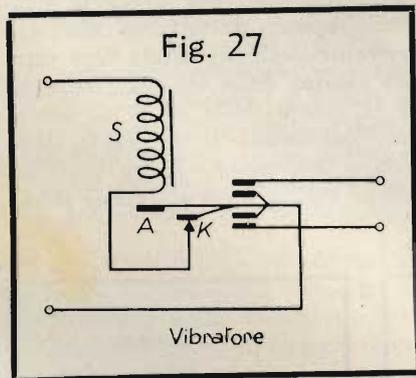
Fig. 24

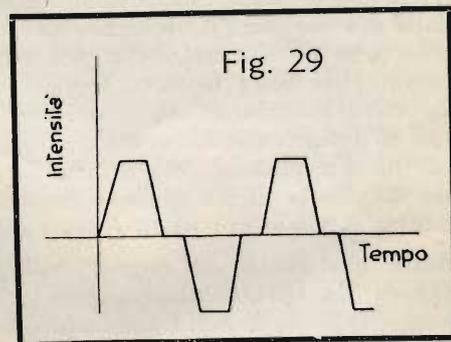
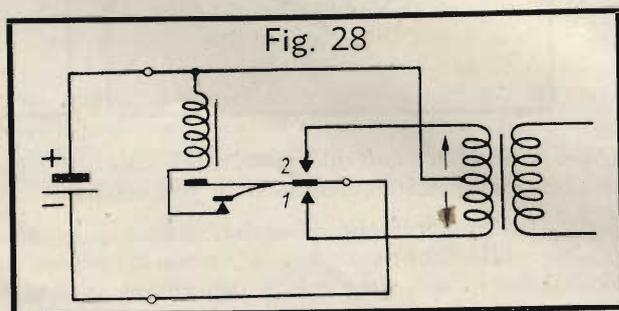
Anche il *motorino del tergi-cristalli* può dare adito a qualche disturbo. Basta qui un semplice *condensatore* (figura 24). Diverse ditte si sono specializzate nella fabbricazione di mezzi di protezione antiparassiti, facilmente applicabili nelle automobili, e dispongono di una particolare esperienza in questo campo. Anche nel-

l'auto vale quanto abbiamo detto in generale nei riguardi delle spazzole: *la pulizia accurata del collettore è la condizione « sine qua non » per l'eliminazione dei disturbi.* È ovvio che *non occorre una speciale protezione per il motore d'avviamento.* Esso viene messo in funzione solo per brevi istanti, ma con correnti molto intense. Generalmente è in riposo e l'applicazione di mezzi antiparassiti sarebbe una spesa inutile.

6) Il sorvoltore e la sua protezione antiparassita

Nella Dispensa N. 14 abbiamo accennato al fatto che l'alimentazione delle autoradio proviene dalla batteria da 6 V. L'accensione dei filamenti è facile da realizzare; per gli anodi e le griglie-schermo ci vogliono invece almeno 100 V. Il problema si risolve convertendo la corrente continua, prelevata dalla batteria, in corrente alternata. Quest'ultima può essere elevata a piacimento a qualsiasi tensione, per mezzo di un *trasformatore*. Finalmente si raddrizza la tensione alternata, ottenendo così una tensione continua sufficientemente elevata. Ma voi sarete piuttosto scettici sulla possibilità di effettuare, con mezzi non troppo complicati e costosi, la doppia conversione della corrente continua in alternata e poi di nuovo in continua.

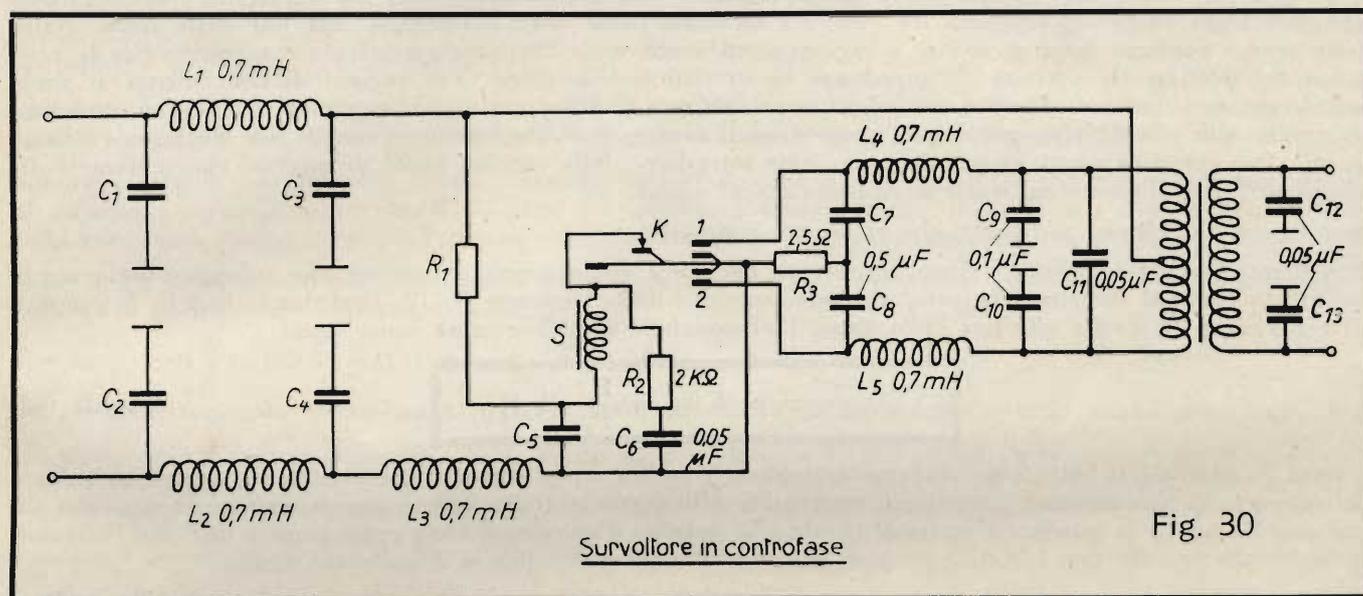
Ci sarebbe la possibilità di alimentare con la corrente continua un *motore* e di azionare con questo un *piccolo alternatore* (generatore di corrente alternata). Ma questa soluzione, nel caso di piccole potenze, non è conveniente. Tuttavia, nei moderni *survoltori* (si chiamano così perchè servono ad elevare il voltaggio) il problema è stato risolto in maniera elegante.

Il fatto che noi trattiamo tale problema in questo Capitolo dimostra già per se stesso che la difficoltà maggiore che si incontra nell'uso dei survoltori è dovuta ai radio-disturbi. La conversione della corrente continua in alternata avviene infatti mediante una successione ripetuta di *interruzioni*, le quali sono ovviamente fonte di disturbi. Senza occuparci, per ora, del modo in cui viene prodotta, osserviamo nelle figure 25 e 26-a l'andamento di una *corrente continua pura* e quello di una *corrente continua interrotta* o *pulsante*. Se smussiamo gli spigoli di questa *corrente pulsante*, in modo da avere una curva arrotondata, otteniamo il diagramma della fig. 26-b, che ci risulta piuttosto familiare. Ciò, non soltanto perchè si tratta di una curva sinusoidale, ma anche per il fatto che si trova tutta nel *lato positivo*; la corrente mantiene quindi sempre la stessa direzione, pur variando d'intensità. Ora vi ricorderete che, nella Dispensa N. 11, abbiamo visto il risultato della sovrapposizione di corrente continua e alternata. Concludiamo quindi osservando che la *corrente pulsante* può essere sempre considerata come la sovrapposizione di una *corrente continua pura* e di una *corrente alternata sinusoidale*. (Effettivamente, quando il diagramma non è arrotondato come nella fig. 26-b, ma rettangolare come nella fig. 26-a, le *correnti alternate sinusoidali* sono molte e anche di frequenze elevate; in ciò risiede appunto una causa di disturbi).

Per creare la corrente pulsante è necessario interrompere periodicamente la corrente continua. Fin dalla prima Dispensa avete conosciuto il meccanismo d'autointerruzione, applicato al campanello elettrico. Nella fig. 27 avete lo schema del *relè vibratore* usato per la conversione della corrente continua in alternata; come vedete, lo schema è pressochè identico a quello della *suoneria ad autointerruzione*. Quando è eccitata, la *bobina S* attrae l'*ancoretta A*, aprendo il contatto *K*. Allora la bobina *S* si diseccita. l'ancora ritorna nella posizione di prima, il circuito si chiude nuovamente e tutto il gioco si ripete. A destra si vedono nello schema *due altri contatti*, che durante il funzionamento del dispositivo vengono chiusi alternativamente. La corrente pulsante, di cui abbiamo parlato, circola nel circuito allacciato a questi contatti.

Evidentemente occorre anche un *trasformatore*, dal momento che vogliamo ottenere una tensione più elevata. Facciamo passare quindi la corrente pulsante attraverso al primario di un trasformatore, e preleviamo dal secondario la *tensione alternata*. Il risultato migliora, se si impiega un *trasformatore da controfase con presa centrale*, come si vede nella fig. 28. Se la

polarità della batteria è quella indicata nella figura, quando il contatto 1 è chiuso, la corrente passa dal polo positivo attraverso la presa centrale e la metà inferiore dell'avvolgimento. Quando invece è chiuso il contatto 2, entrando sempre dalla presa centrale, la corrente attraversa la metà superiore. Le correnti, fluenti con alterna direzione nel primario, inducono nel secondario una corrente il cui comportamento corrisponde approssimativamente al diagramma della fig. 29. Come vedete, il risultato si avvicina molto meglio a quello della normale corrente alternata che non la corrente pulsante della fig. 26. Tuttavia le deviazioni dalla forma sinusoidale costituiscono sempre dei disturbi e torniamo così al nostro problema principale.

Nella fig. 30 è rappresentato lo schema completo di un *survoltore in controfase* con le relative *protezioni antiparassite*. Riconoscerete che il maggior dispendio è costituito proprio da queste ultime. Osservate dapprima le combinazioni di *resistenze* e *condensatori* ai contatti. Il *contatto* K, che aziona il dispositivo, è protetto dalla *resistenza* R_2 e dal *condensatore* C_6. La *resistenza* R_3 serve a limitare la corrente di scarica di entrambi i *condensatori* C_7 e C_8 relativi ai due *contatti di lavoro* 1 e 2. Interessanti sono i *filtri* all'entrata del *survoltore* e prima del *trasformatore in controfase*. Essi servono, da un lato, ad impedire che i disturbi si possano propagare alla batteria ed alle linee allacciate a questa, dato che ogni linea infestata da onde parassite si comporta come un'antenna, che emette disturbi e che influenza quindi in modo nocivo l'antenna ricevente. Il *filtro d'entrata* è completato, dalla parte del vibratore, con la *bobina* L_3 ed il *condensatore* C_5. Il *secondo filtro* (C_7, L_4, C_9; C_8, L_5, C_{10}) impedisce alle oscillazioni parassite di passare nel trasformatore. I *condensatori* C_{11}, C_{12} e C_{13} sopprimono gli ultimi resti di oscillazioni parassite.

Survoltore in controfase

Fig. 30

La *resistenza* R_1 va dimensionata in relazione alla resistenza ohmica della bobina eccitatrice S. Bisogna infatti avere la possibilità di adattare la bobina S alla tensione della batteria. Il trasformatore possiede un avvolgimento primario con un numero di spire superiore a quello che si usa normalmente; ciò è necessario, date le particolari condizioni di funzionamento del convertitore.

Il *survoltore* così costituito consente di ricavare da una batteria una corrente alternata a 220 V, a condizione, naturalmente, che il rapporto del trasformatore sia stato scelto di valore adeguato. La protezione antiparassita è così efficace, che l'apparecchio radioricevente può essere collocato direttamente a fianco del survoltore, senza averne alcun disturbo.

Si può anche completare il dispositivo, aggiungendo una *seconda coppia di contatti vibranti*, azionati sempre dalla medesima bobina eccitatrice S. Questi secondi contatti funzionano in modo contrario a quello dei primi, riconvertendo la corrente alternata *survoltata* in corrente continua. Come in un *raddrizzatore a due vie*, le due semionde vengono fatte circolare nella medesima direzione.

Non è il caso che ci dilunghiamo qui a descrivere questo cosiddetto « *raddrizzatore meccanico* ».

Questi esempi sulle protezioni antiparassite vi hanno insegnato tante cose, da rendervi capace di svolgere, all'occorrenza, da solo i ragionamenti necessari per afferrare le misure del caso. Comunque, l'esperienza indispensabile a un tecnico della difesa contro i radio-disturbi può essere acquisita soltanto con una lunga pratica.

Domande

1. In che modo le bobine d'impedenza fungono da protezione contro i disturbi?
2. In che modo i condensatori fungono da protezione contro i disturbi?
3. Per quale ragione, usando i condensatori per la protezione contro i disturbi, si allaccia spesso, in serie al condensatore, una resistenza?
4. Come si chiama l'intiero dispositivo convertitore?
5. In che modo si ricava la tensione anodica dalle batterie d'automobile?

TELEGRAFIA, TELEFONIA

LINEE AEREE E CAVI

Nella Dispensa precedente vi abbiamo fatto conoscere il concetto dell'*impedenza caratteristica*. Ci occuperemo ora di un'altra grandezza, non meno importante per giudicare il comportamento delle linee o di intieri collegamenti di telecomunicazioni: la cosiddetta « *attenuazione* ».

L'attenuazione

Nella Dispensa N. 17, parlando dei radio-disturbi, abbiamo accennato al concetto generale dello *smorzamento* ossia dell'*attenuazione delle oscillazioni*. Oggi vi insegneremo le formule che si usano, in modo particolare, per calcolare l'*attenuazione delle onde elettriche* nelle linee di telecomunicazioni. Voi sapete che, per esempio, una *forte attenuazione* significa che *le ampiezze delle onde elettriche diminuiscono rapidamente, allontanandosi dalla loro sorgente*. Nel caso delle linee ciò vuol dire che l'*energia delle onde* risulta *molto ridotta all'estremità della linea*.

Pensiamo ora alle esigenze che si pongono per avere una trasmissione efficiente. Si richiede, per esempio, che, all'estremità della linea, le parole riprodotte da un telefono siano bene intelligibili. Detto in termini tecnici, ciò significa che, in fondo alla linea, deve giungere una quantità di *energia* sufficiente per far funzionare il telefono. (Ricordatevi delle molte diramazioni nello schema equivalente della linea aerea, fig. 25 della Dispensa N. 17). Con ciò diventa chiaro quello che il concetto dell'attenuazione deve esprimere. In qualche modo esso deve tener conto del *rapporto tra l'energia all'inizio della linea e l'energia alla fine della linea*. Nello stesso tempo vogliamo però ricordare i ragionamenti svolti nella Dispensa precedente e supporre che la resistenza del telefono sia *adattata* all'impedenza caratteristica della linea. Per ragioni di convenienza si suole considerare non il semplice *rapporto delle due energie*, ma il *logaritmo di tale rapporto*. Con ciò si ottengono dei numeri più piccoli, che, per di più, presentano il vantaggio di corrispondere meglio alle percezioni uditive umane. Per questi rapporti logaritmici sono state introdotte delle *speciali unità di misura*, che servono a distinguere il procedimento col quale si ricavano questi valori.

Sono in uso *due sistemi differenti*, che vi faremo conoscere.

Proveniente dall'America, si è diffuso, soprattutto nei paesi anglosassoni, il *sistema che introduce nel calcolo dell'attenuazione il logaritmo volgare*, che conoscete fin dalla Dispensa N. 12. Designando con P_1 la *potenza all'inizio* e con P_2 quella *alla fine della linea*, l'*attenuazione b'* si determina come segue:

$$\text{Attenuazione } b' = \lg \frac{P_1}{P_2} \text{ [bel]} \quad \text{. . . . . . Formula (62)}$$

L'*unità di misura* è il *bel*. Come abbiamo detto, esso significa semplicemente che abbiamo il *logaritmo volgare del rapporto di due potenze*, formato in conformità alla formula (62). Vedete ora la ragion d'essere del logaritmo. Se infatti la *potenza d'uscita* è uguale alla *potenza d'entrata*, il buon senso pratico dice che l'*attenuazione è nulla*, poichè non è stato esercitato nessuno smorzamento e non si è attenuato niente.

Vediamo un po' che cosa dice la nostra formula in questo caso. Secondo la nostra ipotesi risulta $P_1 = P_2$ e quindi $\frac{P_1}{P_2} = 1$.

L'*attenuazione* sarebbe quindi $b' = lg\ 1$ *bel*. Voi però sapete fin dalla Dispensa N. 12 che $\lg 1 = 0$. Abbiamo quindi *0 bel* e vediamo che questo caso particolare è descritto in modo corretto dal rapporto logaritmico.

Spesso si usa l'*unità più piccola*, chiamata « *decibel* ». Vale la relazione:

10 *decibel* = 1 *bel*.

La formula (62) si può quindi scrivere così:

$$b' = 10 \lg \frac{P_1}{P_2} \quad [db = \text{decibel}].$$

Se, per esempio, la potenza all'inizio della linea è doppia di quella alla fine, cioè $P_1 = 2\,P_2$, l'attenuazione è

$b' = \lg 2$ [bel] = 0,301 [bel], oppure 3,01 db.

Viceversa, quando si dice che una linea presenta un'attenuazione di 3,01 db, ciò significa che, tra la potenza all'entrata e quella all'uscita della linea, sussiste un rapporto di 2 : 1, ossia che la potenza delle onde elettriche, attraversando la linea, si riduce alla metà.

Un *altro sistema*, molto usato in Europa, si fonda sui cosiddetti « *logaritmi naturali* » (abbreviati *log nat*, oppure *ln*). Mentre i *logaritmi volgari*, dai quali deriva l'unità di misura *bel*, hanno come base il numero 10, la base dei *logaritmi naturali* è il numero $e = 2{,}71828$.

Nella Dispensa N. 12 abbiamo accennato al fatto che esistono anche logaritmi con base diversa da 10. Bisogna però conoscere, in ogni caso, qual è la base dei logaritmi. Un esempio chiarirà meglio le idee. L'espressione $\lg 2 = 0{,}301$ significa che $10^{0,301} = 2$. Anche col *logaritmo naturale* si procede in questo modo:

$\ln 2 = 0{,}6932$ significa che $e^{0,6932} = 2{,}71828^{0,6932} = 2$.

È importante sapere che i *logaritmi naturali* sono legati a quelli *volgari* da una relazione molto semplice. Il *logaritmo naturale* è 2,3026 volte maggiore di quello *volgare*. Con ciò è facile, all'occorrenza, calcolare i *loga-*

ritmi naturali usando la tavola dei *logaritmi volgari*, riportata a tergo sulla copertina della Dispensa N. 12.

Volendo determinare per esempio ln 3, ricaviamo dapprima dalla tavola: lg 3 = 0,477. Eseguendo quindi la moltiplicazione, troviamo: ln 3 = 2,3026 . 0,477 = 1,099.

La formula per calcolare l'*attenuazione* col sistema derivato dai *logaritmi naturali*:

$$b = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_2} \text{ [neper]}$$ . . . . . Formula (63)

Calcolando coi *logaritmi volgari*, possiamo anche scrivere:

$$b = \frac{1}{2} \cdot 2{,}3026 \cdot \lg \frac{P_1}{P_2} \text{ [neper]}.$$

L'unità di misura *neper* significa, anche in questo caso, semplicemente che si tratta di un *rapporto espresso in forma logaritmica* e derivato dai *logaritmi naturali*. Le spiegazioni che seguiranno vi faranno comprendere la ragion d'essere del fattore $\frac{1}{2}$. Per ora diremo semplicemente che è usato per ravvicinare l'unità di misura del *neper* a quella del *bel*, chè altrimenti sarebbe stata maggiore di oltre il doppio. Comunque vedete che le indicazioni di *bel* o *neper* sono importanti soltanto per stabilire, senza possibilità di equivoci, in quale modo si debba calcolare il rapporto logaritmico. Ed ora un esempio, per aiutarvi a capire meglio la cosa.

Esempio:

Una linea lunga 100 km venga alimentata all'inizio con una potenza di 16 mW. La potenza si riduce a metà ogni 20 km. Qual è l'attenuazione fino alla metà della linea, e quale fino al termine?

Nel porre la domanda abbiamo voluto esprimere un interessante dato di fatto. La *potenza diminuisce sempre di un'uguale percentuale per tratti di linea di ugualelunghezza, supposto naturalmente che le caratteristiche della linea siano ovunque uguali.* Vedremo subito in che modo ciò si manifesti nel valore dell'attenuazione.

Dopo 20 km la potenza si è dunque ridotta a 8 mW. Gli altri 8 mW sono stati consumati nella linea stessa. Il valore dell'attenuazione è quindi il seguente:

$$b' = \lg \frac{16}{8} = \lg 2 = 0{,}301 \text{ [bel]}, \text{ oppure } b = \frac{1}{2} \cdot 2{,}3026 \lg 2 = \frac{1}{2} 2{,}3026 \cdot 0{,}301 = 0{,}35 \text{ [neper]}$$

Nel secondo tratto, dal ventesimo al quarantesimo chilometro, la potenza si riduce un'altra volta a metà, da 8 a 4 mW; quindi l'attenuazione di questo tratto è: $b' = \lg \frac{8}{4} = \lg 2 = 0{,}301$ [bel].

Ne consegue il risultato convincente che *tratti uguali di linea producono uguali attenuazioni*. Qual è ora l'attenuazione dei primi 40 km di linea? Poniamo nuovamente $b' = \lg \frac{16}{4} = \lg 4 = 0{,}602$ [bel], trovando che è il doppio dell'attenuazione calcolata per il tratto di 20 km.

Prendiamo il tratto di 60 km, al termine del quale la potenza è diminuita a 2 mW; troviamo l'attenuazione: $b' = \lg \frac{16}{2} = \lg 8 = 0{,}903$ [bel].

Facciamo così un'importante, benchè non sorprendente constatazione:

L'attenuazione di una linea è proporzionale alla sua lunghezza.

In altre parole: *L'attenuazione di una linea lunga è uguale alla somma delle attenuazioni dei singoli tratti.*

Dopo queste considerazioni è facile rispondere alle domande poste inizialmente.

L'attenuazione della linea lunga 100 km è uguale *a cinque volte quella del tratto lungo 20 km.* Quindi:

$b' = 5 \cdot 0{,}301 = $ *1,505 bel*, oppure: $b = 1{,}505 \cdot 2{,}3026 \cdot \frac{1}{2} = $ *1,73 neper.*

A metà della linea l'attenuazione è, ovviamente, uguale alla metà, quindi

$\frac{1{,}505}{2} = $ *0,7525 bel*, oppure $\frac{1{,}73}{2} = $ *0,865 neper.*

Come vedete, abbiamo trovato un sistema pratico per esprimere in modo convincente l'attenuazione delle linee.

Finora ci siamo occupati soltanto delle *potenze*. Esaminiamo ora come si comportano le *tensioni*, poichè spesso queste presentano un interesse particolare. La soluzione è facile nel caso che la linea sia *adattata*; si tratta, del resto, dell'unico caso importante in pratica. Dalla Dispensa precedente sapete che, quando una linea è chiusa con un'impedenza uguale alla propria impedenza caratteristica, anche l'impedenza d'entrata è uguale all'impedenza caratteristica. Designando con Z l'*impedenza caratteristica*, con V_1 la *tensione all'inizio* e con V_2 *quella alla fine* della linea, abbiamo allora per la *corrente d'entrata*: $I_1 = \frac{V_1}{Z}$, e per *quella d'uscita*: $I_2 = \frac{V_2}{Z}$.

Le *potenze all'inizio* ed *alla fine* della linea sono, rispettivamente: $P_1 = V_1 \cdot I_1 = \frac{V_1}{Z} \cdot V_1 = \frac{V_1^2}{Z}$, ed analogamente: $P_2 = \frac{V_2^2}{Z}$.

Introducendo le *tensioni* nell'espressione per il calcolo dell'attenuazione, abbiamo: $b' = \lg \frac{P_1}{P_2} = \lg \frac{\frac{V_1^2}{Z}}{\frac{V_2^2}{Z}} = \lg \frac{V_1^2}{V_2^2} = \lg\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2$

Se ripetiamo la regola esposta nella Dispensa N. 12 sull'elevamento a potenza dei logaritmi, comprendiamo subito il risultato: $b' = 2 \lg \frac{V_1}{V_2}$ [bel].

Applicando analogamente la formula (63) alle *tensioni*, troviamo: $b = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{2} \cdot 2 \ln \frac{V_1}{V_2} = \ln \frac{V_1}{V_2}$ [neper]

$$b = \ln \frac{V_1}{V_2} \text{ [neper]}$$ . . . . . . Formula (64)

Come vedete, l'unità *neper* è stata introdotta per esprimere il *rapporto delle tensioni* nel caso di una linea chiusa con l'impedenza caratteristica.

Per finire vi diamo i *valori dell'attenuazione per 1 km di lunghezza della linea aerea in filo di bronzo da 3 mm*, menzionata nella precedente Dispensa. L'*attenuazione per unità di lunghezza* viene indicata con la lettera greca β (beta), che voi già conoscete. Per questa linea, β = 0,005 neper/km; ciò significa che una linea lunga 100 km ha soltanto 0,5 neper di attenuazione.

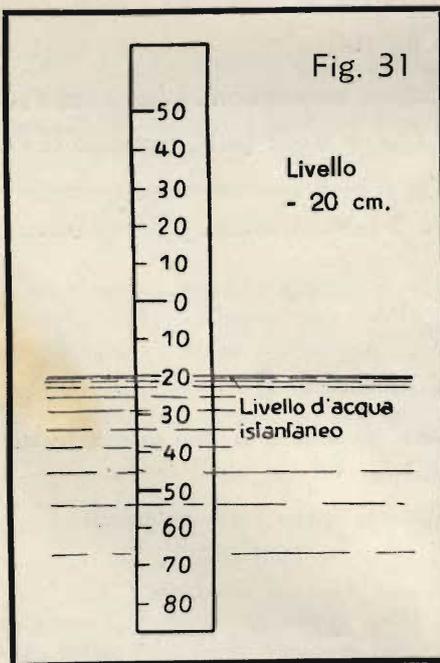
Il *rapporto delle potenze* tra l'inizio e la fine della linea si calcola allora come segue:

$$0{,}5 = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_2} \; ; \; 1 = \ln \frac{P_1}{P_2} \; ; \; \frac{P_1}{P_2} = e^1 = 2{,}71828.$$

Vi abbiamo fatto conoscere a bella posta questo valore, affinchè possiate rilevare in seguito la differenza che si riscontra rispetto ai *cavi*.

Il livello

Un'altra grandezza, che viene espressa nell'identica maniera dell'attenuazione, è il *livello*. Questo termine vi è noto finora solo in relazione agli specchi d'acqua. Per esempio, il *livello* è molto importante nella navigazione fluviale e lacustre, tanto che viene reso noto quotidianamente dalla radio. Nei punti ove il *livello* viene misurato c'è un regolo di misura immerso nell'acqua e murato nella sponda. Esso presenta una numerazione positiva verso l'alto, negativa verso il basso, come si vede nella fig. 31. Lo zero viene posto in corrispondenza a quello che si considera come *livello normale*. Conoscendo il livello, i piloti dei battelli sanno come regolarsi nei singoli posti.

Fig. 31

In modo analogo, l'indicazione del *livello di una linea* deve far sapere quali siano le *condizioni elettriche in qualsiasi punto della linea*. Anche qui dobbiamo stabilire per prima cosa il *livello normale*, in modo da descrivere correttamente le suddette condizioni, indipendentemente dalle potenze casualmente inviate in linea.

In un collegamento a distanza si debbano utilizzare, per esempio, diversi tratti di linea, i quali, complessivamente, non devono però superare, tra l'inizio e la fine, un determinato valore di attenuazione, per esempio 3 neper. Si controlla allora il *livello* nei punti intermedi; nel caso che questo subisca delle deviazioni, se ne deduce l'esistenza di *difetti* nella *linea*.

È stato convenuto di chiamare « *livello normale di potenza* » (livello 0) il valore P_0 = *1 mW*.

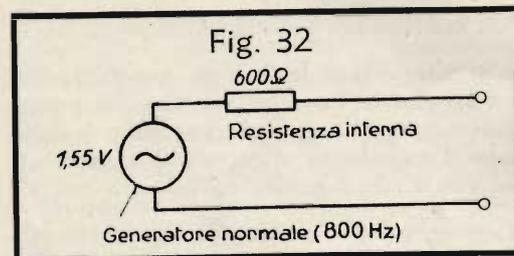
Questa potenza viene ceduta dal cosiddetto « *generatore normale* » (figura 32) ad una resistenza da 600 ohm. Naturalmente, questa resistenza può anche essere costituita dall'*impedenza d'entrata* di una linea.

Calcoliamo infatti la potenza consumata nella resistenza di carico della fig. 33. Il *generatore normale*, servendo a giudicare il comportamento delle *linee telefoniche*, ha una frequenza di 800 Hz, situata circa a metà della gamma vocale.

Fig. 32

La *corrente circolante* nel circuito della fig. 33 è:

$$I = \frac{1{,}55}{600 + 600} = \frac{1{,}55}{1200} = 0{,}00129 \text{ A} = 1{,}29 \; mA.$$

Con una resistenza da 600 ohm ne risulta una potenza di:

$P_0 = I^2 \cdot R = (1{,}29 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 600 = 1{,}667 \cdot 10^{-6} \cdot 600 =$

$= 0{,}1667 \,.\, 6 \,.\, 10^{-6} \,.\, 10^{3} = 1 \,.\, 10^{-3} =$ *1 mW*, ossia il *livello normale* richiesto.

Il *livello di potenza* in un punto qualsiasi della linea, ove agisce la potenza P_2, è determinato dalla formula seguente:

$$\textit{Livello di potenza } p = \frac{1}{2} \ln \frac{P_2}{P_0} \quad [\text{neper}]$$

Formula (65)

Noterete che qui la *potenza d'uscita* P_2 si trova nel numeratore della frazione, mentre nella formula (63) era nel denominatore. È questa infatti la differenza che passa tra l'*attenuazione* e il *livello*.

Posto per esempio che il *livello* sia $p = 0{,}3$ neper, la potenza P_2 si calcola come segue:

$$p = 0{,}3 = \frac{1}{2} \ln \frac{P_2}{P_0} \quad ; \quad 0{,}6 = \ln \frac{P_2}{P_0}.$$

Giovandoci delle nostre conoscenze sui logaritmi (e qui vi conviene rileggere il relativo Capitolo), trasformiamo l'equazione come segue: $e^{0,6} = \frac{P_2}{P_0} = 2{,}71828^{0,6}$

Ora dobbiamo calcolare l'espressione $e^{0,6}$. Poichè incontrerete probabilmente spesso espressioni di questo genere, vi diamo il valore $\lg e = \lg 2{,}71828 = 0{,}4343$.

Secondo la Dispensa N. 12 dobbiamo moltiplicare 0,6 per questo valore: $0{,}4343 \,.\, 0{,}6 = 0{,}26058$. Cerchiamo questo valore nella Tabella N. 9 (sulla copertina della Dispensa N. 12): troviamo che alla mantissa 260 corrisponde il numero 1,82. Abbiamo quindi $\frac{P_2}{P_0} = 1{,}82$, e quindi $P_2 = 1{,}82 \,.\, P_0 = 1{,}82 \,.\, 1 =$ *1,82 mW*.

Un *livello positivo* significa quindi una *potenza superiore al livello normale di 1 mW*; un *livello negativo* significa invece, come vedrete tra breve, una *potenza inferiore ad 1 mW*.

Riferendoci al *generatore normale*, otteniamo pure dei *valori normali* per l'*intensità di corrente* e per la *tensione*. Il *valore normale di corrente* è già stato calcolato sopra: esso è $I_0 = 0{,}00129$ A = *1,29 mA*. Quello per la *tensione* si trova facilmente da $V_0 = I_0 \,.\, R = 0{,}00129 \,.\, 600 =$ *0,775 V*.

Le indicazioni dei livelli di corrente o di tensione, in qualsiasi punto di controllo, sono sempre riferite a questi due valori.

La *tensione normale* $V_0 = 0{,}775$ V si ricava d'altronde subito, se si riflette che, nella fig. 33, la tensione di 1,55 V è applicata a due resistenze uguali allacciate in serie, cosicchè si ripartisce per metà su ciascuna di esse: quindi $\frac{1{,}55}{1} =$ *0,775 V*.

È importante, per la definizione dei *livelli normali* di *corrente* e di *tensione*, che *la resistenza del carico sia di 600 ohm*, altrimenti bisognerebbe tener conto anche del *rapporto delle impedenze*. Non entreremo oltre in merito a tali questioni, che ci porterebbero fuori dai limiti di questo Corso.

Riferiti ad un consumatore da 600 ohm, i *livelli* di *tensione* e di *corrente* sono determinati dalle seguenti formule:

$$p = \ln \frac{V_2}{V_0} \ [\text{neper}] \text{; rispettivamente: } p = \ln \frac{I_2}{I_0} \ [\text{neper}];$$

$$p' = 2 \lg \frac{V_2}{V_0} \ [\text{bel}] \text{; rispettivamente: } p' = 2 \lg \frac{I_2}{I_0} \ [\text{bel}].$$

Esempio:

In un punto di controllo esiste un livello $p' = -0{,}5$ bel. Quali sono i valori della corrente, della tensione e della potenza in quel punto?

$-0{,}5 = 2 \lg \frac{V_2}{V_0}$; $-0{,}25 = \lg \frac{V_2}{V_0} = \lg V_2 - \lg V_0$ (vedasi anche Dispensa N. 12), oppure, invertendo il segno: $0{,}25 = -\lg V_2 + \lg V_0 = \lg \frac{V_0}{V_2}$.

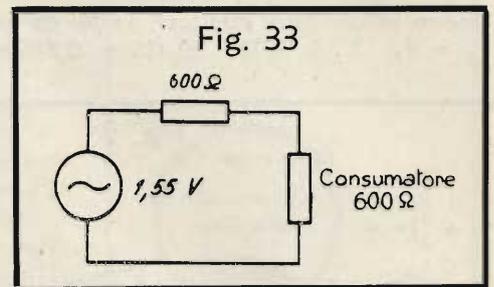
Con l'aiuto della Tabella N. 9 (Dispensa N. 12) troviamo per 0,25 il numero 1,78, quindi $\frac{V_0}{V_2} = 1{,}78$.

La *tensione* cercata è quindi: $V_2 = \frac{V_0}{1{,}78} = \frac{0{,}775}{1{,}78} =$ *0,435 V*.

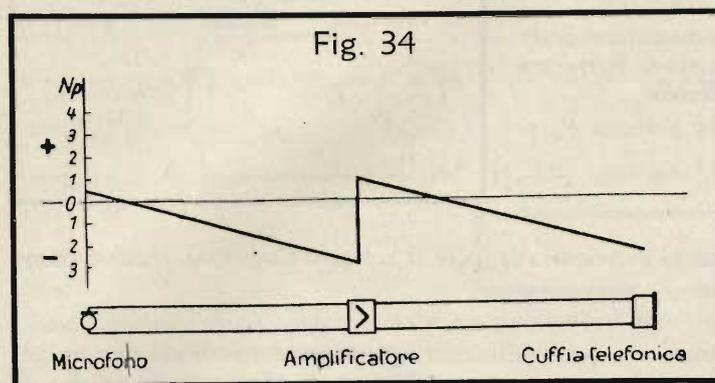
Come risultava dal segno *negativo* del livello, la tensione deve essere inferiore al valore normale di 0,775 V. Analogo risultato si ottiene per l'intensità di *corrente*, per la quale va però inserito come *livello normale* $I_0 = 1{,}29$ mA.

$$I_2 = \frac{1{,}29}{1{,}78} \text{ mA} = \textit{0,725 mA}.$$

Calcoliamo ora la *potenza* e controlliamo il valore così ricavato, confrontandolo coi valori della corrente e della tensione.

Abbiamo: $p' = \lg \frac{P_2}{P_0} = -0{,}5$; $0{,}5 = \lg \frac{P_0}{P_2}$;

Il numero di 0,5 è 3,16.

$$3{,}16 = \frac{1}{P_2} : P_2 = \frac{1}{3{,}16} = 0{,}316\ mW.$$

Questo valore deve risultare anche da quelli precedentemente calcolati della *corrente* e della *tensione*; infatti: $P_2 = I_2 \cdot V_2 = 0{,}725 \cdot 0{,}435 = 0{,}316\ mW$. Il conto torna.

Per terminare osserviamo il diagramma dei livelli riportato in fig. 34. All'inizio della prima linea, presso il microfono, c'è un livello positivo di +0,5 neper. La potenza è quindi superiore a 1 mW. Lungo il primo tratto della linea il livello scende uniformemente fino a — 3 neper. A questo punto è inserito un amplificatore che rialza il livello di 4 neper, fino a + 1 neper. Questo amplificatore deve quindi realizzare un'amplificazione di potenza di 4 neper. (Come vedete, anche l'amplificazione viene espressa in unità logaritmiche).

Nel secondo tratto di linea il livello scende di nuovo fino a — 2,5 neper. La potenza residua, alla fine della linea, è appena sufficiente per eccitare la cuffia telefonica.

I sistemi logaritmici per la misura dell'*attenuazione* e del *livello* sono molto importanti per caratterizzare il comportamento delle linee e di intieri collegamenti, compresi i relativi amplificatori. La loro conoscenza vi consentirà, nella prossima Dispensa, di seguire bene le spiegazioni sui cavi di telecomunicazione.

Domande

1. Quali sono le unità di misura dell'attenuazione a voi note?
2. A quale valore si riduce la potenza di 2 mW dopo un'attenuazione di 0,6 bel?
3. Quale livello corrisponde alla potenza di 3 mW?
4. Qual è la tensione agente su una resistenza da 600 ohm, col livello di cui alla domanda 3?

Risposte alle domande di pag. 9

1. Le oscillazioni di disturbo sono ad alta frequenza. Le bobine d'impedenza vengono dimensionate in modo da lasciar passare le oscillazioni di bassa frequenza e bloccare quelle d'alta frequenza. Inserite in serie, nella linea che trasporta le oscillazioni parassite ad alta frequenza, esse ne impediscono il passaggio, mentre lasciano passare la corrente d'esercizio a bassa frequenza.
2. I condensatori lasciano facilmente passare le correnti ad alta frequenza, mentre possono essere praticamente insormontabili per le correnti a bassa frequenza. La corrente continua non può passare affatto attraverso ai condensatori.
   Più grande è la capacità dei condensatori e più facile è il passaggio delle correnti alternate attraverso ad essi. Da ciò deriva la possibilità di applicare i condensatori per gli scopi della protezione antiparassita: essi vengono inseriti in modo da condurre a massa le oscillazioni di disturbo, mentre non lasciano passare la corrente di esercizio. I condensatori servono anche per lo spegnimento delle scintille, se allacciati in parallelo al tratto di scarica.
3. La resistenza in serie al condensatore spegniscintille serve ad impedire la formazione della scintilla di scarica del condensatore. Mancando la resistenza, quando il contatto si chiude, il condensatore verrebbe cortocircuitato e potrebbe formarsi una scintilla.
4. Il convertitore, che produce la tensione anodica utilizzando la corrente continua prelevata dalla batteria, si chiama « *survoltore* ».
5. La tensione anodica viene derivata dalla batteria per mezzo del relé vibratore, di un trasformatore e del successivo raddrizzamento.

RADIOTECNICA

LE VALVOLE TERMOIONICHE

Ripeteremo brevemente i ragionamenti su cui si fonda la *supereterodina*. La frequenza d'entrata (*FE*), differente secondo la stazione che si vuole ricevere, con l'aiuto di una frequenza ausiliaria, la frequenza dell'oscillatore *FO*, viene convertita in una media frequenza (*MF*) costante, per mezzo di una speciale modulazione, detta « *mescolazione* ». La modulazione in *BF* della *FE* viene attribuita in tal modo alla *MF*, più facile da amplificare. Nelle prime supereterodine la *MF* veniva ottenuta applicando al rivelatore la *FE* unitamente alla *FO*, prodotta in un oscillatore corrispondente ad uno degli schemi riportati nella Dispensa precedente. Generalmente si impiegava lo *schema ad audion*, applicando *FE* e *FO* alla griglia della valvola. La *MF* veniva ricavata in un *circuito oscillante* o in un *filtro di banda* accordato sulla *MF*, inserito nel circuito anodico della valvola audion. Non occorre che ci occupiamo maggiormente di questo sistema per la produzione della *MF*, poichè oggi è completamente scomparso. Esso soffriva delle inevitabili malattie dell'infanzia, che qualsiasi nuova invenzione deve superare prima di svilupparsi.

L'esodo convertitore di frequenza

Il tipo oggi più usato di *valvola convertitrice di frequenza* o *mescolatrice* è l'*ésodo*, ossia la *valvola a 6 elettrodi.*

Questo tipo è stato realizzato appositamente per gli *apparecchi a conversione di frequenza.* Dato che la modulazione della *FE* con la *FO*, mediante applicazione alla medesima griglia, non aveva dato risultati soddisfacenti, si tentò di comandare il flusso elettronico agendo su *due griglie differenti.* Che in questo modo si sia pervenuti alla *valvola a 6 elettrodi,* anzichè a quella a 4 elettrodi, non vi meraviglierà eccessivamente. Sapete infatti che anche la normale amplificatrice è stata perfezionata, passando dal triodo al pentodo. Per capir bene il funzionamento dell'*esodo* bisogna supporre di suddividere i suoi compiti tra due valvole separate: abbiamo così il *collegamento in serie di un triodo e di un tetrodo* (fig. 35). L'*anodo 3-a* del sistema inferiore è, nello stesso tempo, il *catodo 3-b* del sistema superiore. Il flusso elettronico, emesso dal reale catodo 1, attraversa dapprima il sistema triodico. L'intensità di corrente dipende quindi, in modo essenziale, dalla tensione della *griglia-pilota 2* di questo primo sistema. L'onda ricevuta viene applicata in questo punto. La corrente anodica del triodo immaginario dipende dunque dal valore della tensione della *FE*. Ecco dunque che la corrente emessa dal *catodo* fittizio *3-b* del sistema tetrodico dipende dalla *FE*. Successivamente la corrente è sottoposta all'influenza della tensione applicata alla *griglia-pilota 4* del tetrodo. Questa tensione appartiene alla *FO*. Come vedete, se la tensione della *griglia-pilota 2* del triodo fosse fortemente negativa, la corrente anodica verrebbe soppressa. Il *catodo* immaginario *3-b* del tetrodo non potrebbe quindi emettere elettroni e il flusso elettronico verrebbe a mancare. In modo analogo si comanda la corrente complessiva per mezzo della *griglia-pilota 4* del tetrodo. Quest'azione di due griglie sul medesimo flusso elettronico produce l'effetto già descritto nella precedente Dispensa. Nella corrente risultante si presentano infatti quattro *AF*, ossia, oltre alle due originarie, anche *FE* + *FO* e *FO* — *FE* = *MF*. Un *circuito oscillante accordato*, oppure un *filtro di banda*, consente di separare la *MF* completa di modulazione.

Fig. 35

Esaminiamo ora, con l'aiuto della fig. 36, poichè effettivamente si tratta di un'unica valvola, la funzione degli elettrodi e della tensione applicata ad essi. Non c'è nulla di nuovo da dire sul *catodo 1* e sull'*anodo 6*: entrambi hanno la funzione già riscontrata nelle valvole che abbiamo visto finora. La *griglia 2*, immediatamente successiva al catodo, è sottoposta a una *lieve polarizzazione negativa* ed all'azione della *FE*. Occorre poi, come risulta dai nostri ragionamenti preliminari, un *elettrodo positivo*, che acceleri gli elettroni. Dovendo però lasciar proseguire gli elettroni. bisogna che questo elettrodo abbia la conformazione di una *griglia*. Questa *seconda griglia 3* possiede una *tensione positiva* (p. es. 100 V) come una *griglia-schermo*; anzi è proprio chiamata « *griglia-schermo* ». Essa non serve infatti soltanto ad accelerare gli elettroni, ma anche *a schermare tra loro le due griglie di comando*, affinchè non abbiano a disturbarsi l'una con l'altra. Segue una *seconda griglia-pilota 4*: la griglia del sistema tetrodico. Dopo la *seconda griglia-pilota* ci sono gli organi terminali del tetrodo, ossia la *griglia-schermo 5* e l'*anodo 6*. Voi chiedete ora perchè manca la *griglia di soppressione*. Ci può essere anche questa. Nelle normali *valvole convertitrici* le tensioni di *griglia-pilota* sono però generalmente così deboli, che la *griglia di soppressione* può essere senz'altro tralasciata, essendo pressochè impossibile che degli elettroni secondari ritornino dall'anodo alla griglia-schermo.

Fig. 36

Ésodo (valvola a 6 poli)

La costruzione è naturalmente più complicata ancora che nei pentodi. Ci sono *quattro griglie*, che vanno collocate a distanze minime di frazioni di millimetro, tra il catodo e la placca. Le valvole plurigriglia sono veramente un miracolo della mec-

Fig. 37

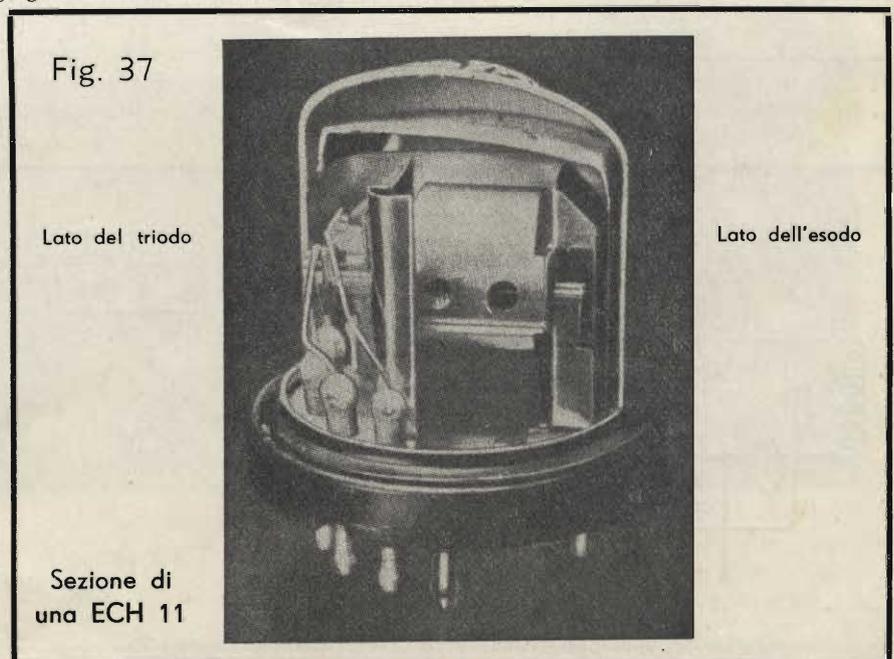
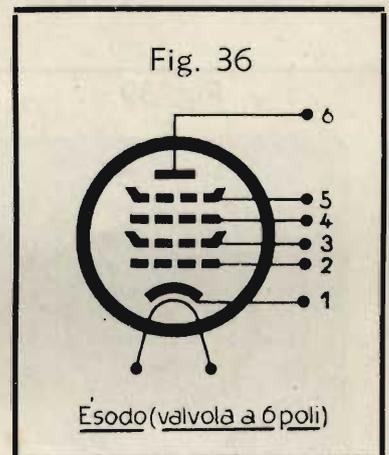
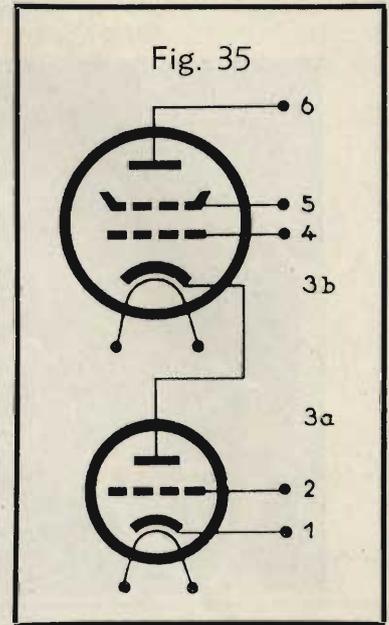
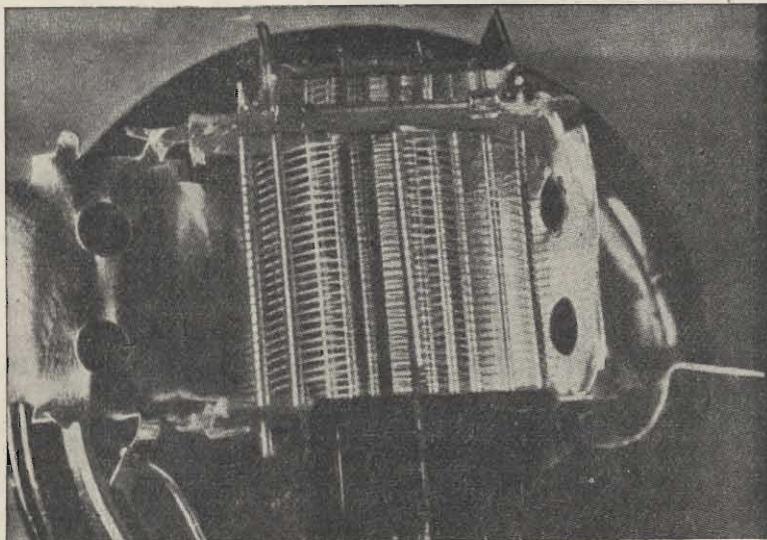
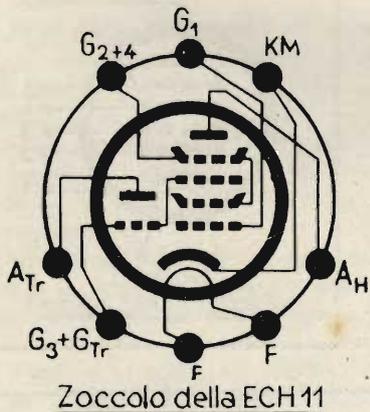
Sezione di una ECH 11

La valvola convertitrice-oscillatrice

Fig. 38

Il sistema dell'ECH 11 (placca sollevata)

Generalmente si dispone nel medesimo bulbo, assieme all'*esodo* mescolatore, anche un *triodo*. Il catodo è in comune ai due sistemi elettronici. Il *triodo*, inserito in un *oscillatore*, serve *per produrre la frequenza ausiliaria*. È evidente l'enorme vantaggio di poter ricavare la *MF* con l'aiuto di una sola valvola e degli elementi ad essa connessi. Nella fig. 37 si vede come è costituita una valvola di questa specie, la ECH11. Come in tutte le *valvole d'acciaio*, il catodo è disposto per traverso nel bulbo. Il sistema esodico è situato attorno al catodo nel lato destro, mentre all'estremità sinistra è visibile la placca del triodo.

Nella fig. 38 si vedono le varie griglie sovrapposte, messe allo scoperto dopo aver sollevato la placca. Come risulta dallo schema della valvola (figura 39), la *griglia-pilota del triodo* è collegata internamente con la *seconda griglia-pilota dell'esodo*. Si risparmia in tal modo di dover eseguire un collegamento, ma bisogna naturalmente tenerne conto nell'inserzione della valvola. Si è inoltre legati nell'uso della valvola, che può essere utilizzata tutta intiera soltanto come *convertitrice-oscillatrice*.

Fig. 39

G_1, G_{2+4}, KM, A_{Tr}, A_H, G_3+G_{Tr}, F, F

Zoccolo della ECH 11

La fig. 40 mostra, a titolo d'esempio, uno schema con una valvola convertitrice. La parte triodica è inserita in un *circuito oscillatore* simile a quello dei *trasmettitori a valvole* descritti nella Dispensa precedente. La frequenza d'entrata perviene alla *griglia-pilota* G_1 dell'esodo, attraverso al *circuito oscillante accordato*. Le *griglie-schermo* G_2 e G_4 sono allacciate a una *tensione positiva*. Dalle connessioni della *seconda griglia-pilota* risulta il vantaggio particolare di questa valvola composta. Infatti le *resistenze per la polarizzazione di griglia*, i *condensatori d'accoppiamento*, ecc., occorrono *una volta sola*. La polarizzazione delle due griglie è identica, e si forma automaticamente quando l'oscillatore è in funzione. Anche la tensione delle due griglie è identica.

Nel *circuito anodico dell'esodo* è inserito un *filtro di banda* accordato sulla *MF*. Come sapete, la selettività e l'amplificazione si ottengono nella supereterodina in maniera relativamente semplice, nella parte a *MF*. Vedete inoltre che, anche in questo caso, la polarizzazione della prima griglia-pilota viene ricavata dalla tensione di controllo. I problemi che si riferiscono a quest'ultima verranno illustrati dopo le valvole convertitrici.

Triodo-esodo

H, F, 100 pF, 1µF, All'amplificatore MF, Tensione di controllo, -2 a -20 volt, $-A$, $+A_1$, $+A_2$, $+A_3$

Fig. 40

Stadio convertitore con valvola composta triodo-esodo

L'eptodo convertitore con triodo incorporato

Nelle spiegazioni sull'esodo abbiamo già accennato che la *parte tetrodica* dello schema ausiliario (fig. 36) può essere naturalmente modificata in un *pentodo*. Le *griglie* inserite tra il catodo e la placca diventano allora 5, in luogo di 4, cosicchè la costruzione risulta più complicata ancora. Gli *eptodi* in uso, come la ECH4 (osservate che la lettera H nella sigla sta a significare tanto un esodo che un eptodo), sono anch'essi sempre dotati di un *triodo*. Però la *griglia-pilota del triodo* e quelle dell'*eptodo* sono dotate di *contatti separati*. La *griglia di sop-*

pressione ora aggiunta non richiede, d'altra parte, un proprio contatto, essendo collegata internamente col catodo. L'impiego della valvola corrisponde completamente a quello degli esodi convertitori.

Il fatto che le griglie-pilota siano separate, come per esempio nella ECH4 o nella UCH21, consente di usare il sistema dell'*eptodo* e quello del *triodo* ciascuno per conto proprio.

È questa una possibilità di cui si fa spesso uso nei moderni ricevitori, ove l'*eptodo* serve per l'*amplificazione dell'AF*, il *triodo* per quella della *BF*.

L'ottodo

Una forma particolare di *valvola convertitrice* contenente un solo sistema elettronico, dotato però di *6 griglie*, è chiamata « *ottodo* » ossia *valvola a 8 poli*. Le *6 griglie*, che si vedono bene nella fig. 42 per la valvola CK1, consentono di produrre con un solo sistema elettronico le *oscillazioni* e la *media frequenza*.

La fig. 43 mostra i *collegamenti* dello *zoccolo*. Il *catodo* con le *prime due griglie* costituisce una specie di *triodo*, utilizzato per la generazione delle *oscillazioni*. La *prima griglia* si chiama « *griglia-pilota* », la *seconda* « *anodo ausiliario* ».

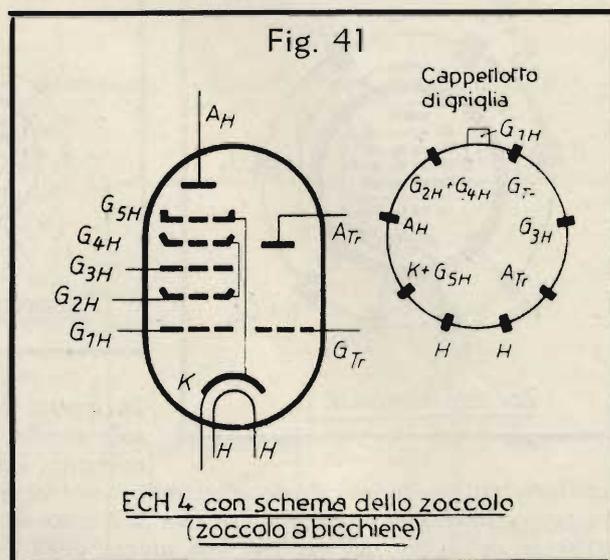
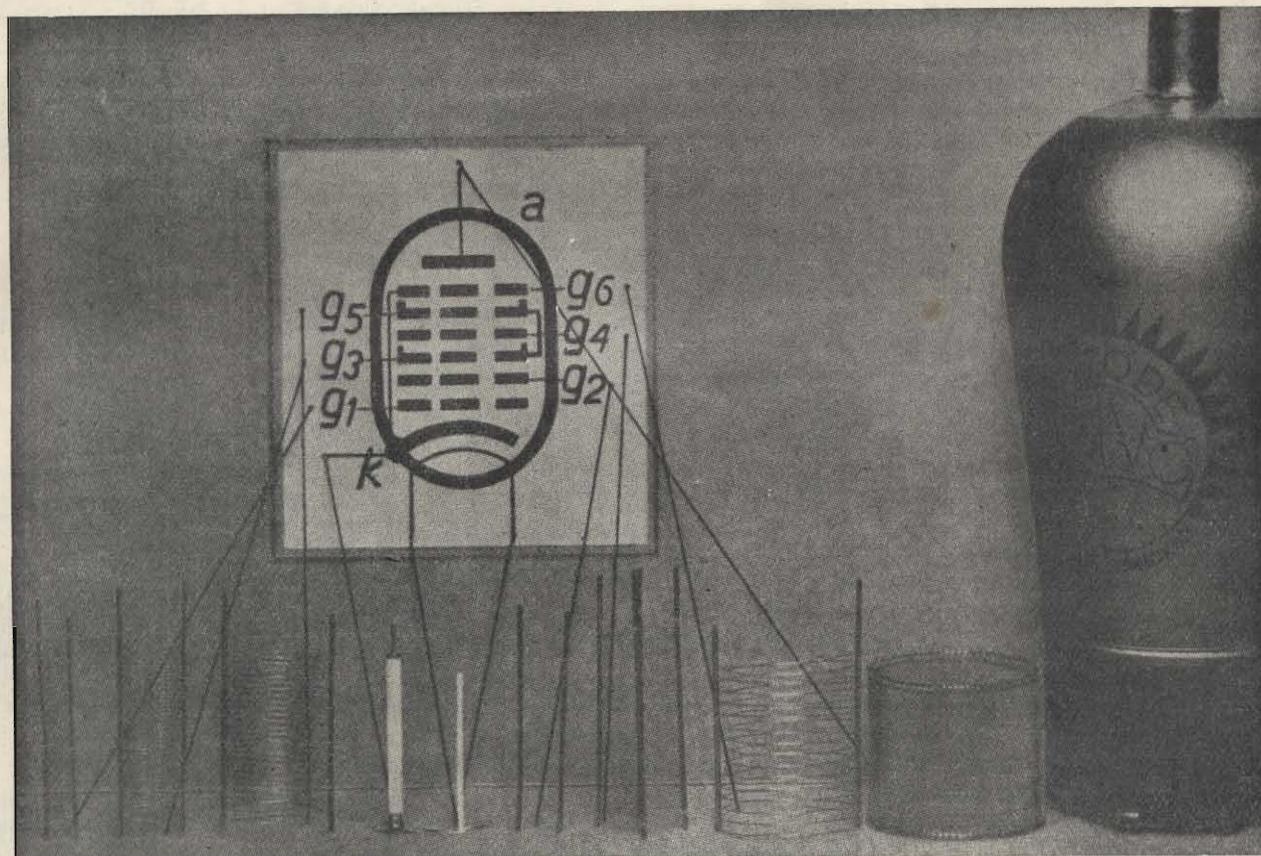
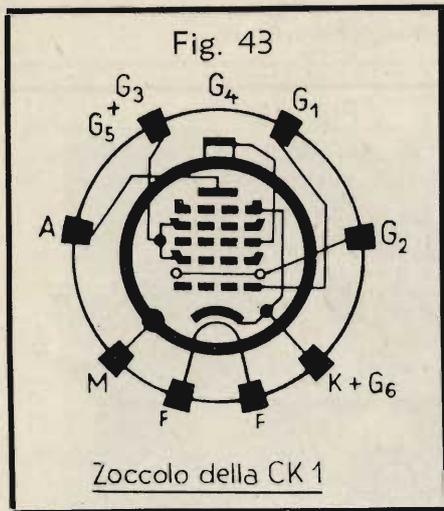
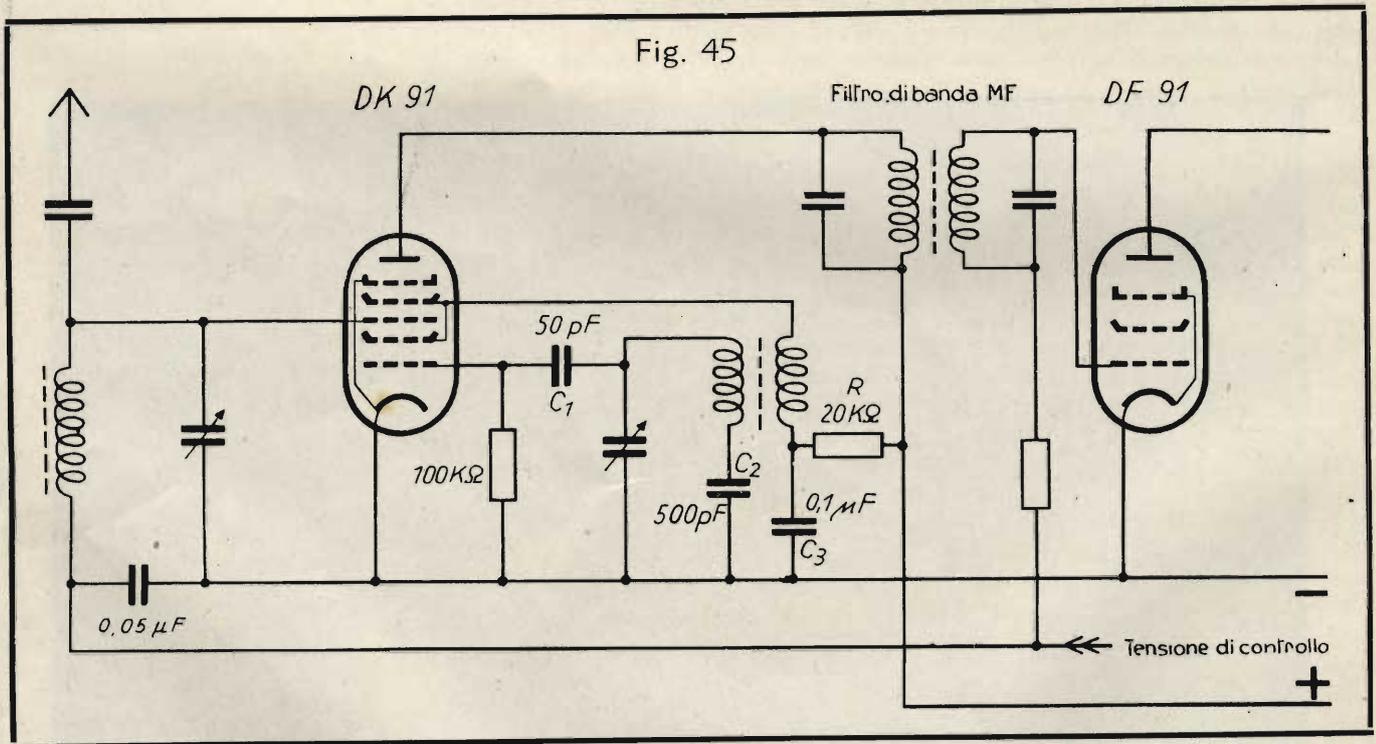



Fig. 42

L'ottodo CK 1 e le sue parti

Zoccolo della CK 1

Zoccolo della DK 91

Trattandosi, però, di un *anodo a forma di griglia*, le oscillazioni di questo primo sistema triodico agiscono anche sulle *griglie successive*. La *griglia 2* è seguita anche qui da una *griglia-schermo*, per evitare un'eccessiva influenza diretta della prima griglia-pilota e dell'anodo ausiliario sulla *griglia 4*, che è l'autentica *griglia-pilota*. La *frequenza d'entrata* viene applicata a questa *griglia 4*. *Rispetto all'esodo ed all'eptodo, le frequenze applicate alle griglie-pilota dell'ottodo sono scambiate*. Seguono quindi, nella successione nota fin dal pentodo, *griglia-schermo* (*G5*), *griglia di soppressione* (*G6*) e *placca*.

In questa valvola abbiamo *un solo flusso elettronico*, poichè esiste *un solo anodo*. Tuttavia anche gli altri elettrodi positivi assorbono una certa corrente. Dato il modo speciale col quale vengono prodotte le oscillazioni ausiliarie nel medesimo flusso elettronico, nel caso dell'*ottodo* si parla di *accoppiamento elettronico*. Con questa espressione si vuol significare che *il trasporto della frequenza delle oscillazioni ausiliarie, nel sistema mescolatore della valvola, avviene per mezzo degli stessi elettroni*.

Negli ultimi tempi l'*anodo ausiliario* è stato omesso in alcuni *ottodi* destinati a funzionare nei *ricevitori a batteria*. La valvola si riduce allora, a rigore, ad un *eptodo*. Le *griglie-schermo* collegate fanno allora le veci dell'*anodo* per il *triodo*. Una valvola di questo tipo è la *Rimlock* DK91. Anche la valvola americana LR5 è di questo genere.

La fig. 44 mostra la struttura e lo zoccolo della valvola. La fig. 45 rappresenta l'esempio di uno schema *con stadio convertitore a ottodo*, con impiego di valvole *Rimlock per batterie*.

A questo proposito osserviamo che le *Rimlock per batteria* non portano sigle come DK41, bensì DK91.

Dopo le spiegazioni dettagliate che vi abbiamo fornito nella precedente Dispensa, comprenderete senza difficoltà la parte d'ingresso dello schema. Vi si trovano il *condensatore di separazione* da 0,05 μF, per evitare il cortocircuito della tensione di controllo. Come abbiamo detto più sopra, le *griglie-schermo* servono da *anodi ausiliari*.

Il *circuito oscillante* per la frequenza ausiliaria *FO* è allacciato alla *prima griglia*; nel *circuito anodico* è inserita la *bobina di reazione*, nel modo da noi mostrato in un esempio nella Dispensa N. 17.

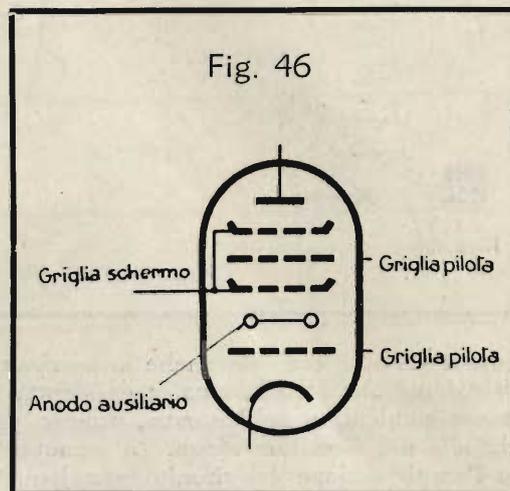
Il *condensatore* C_2, in serie agli elementi del circuito oscillante, è il *padding*. Il valore di 500 pF consente di ridurre la variazione della capacità nella misura richiesta. Tenendo conto di un *condensatore variabile* da 50 a 500 pF, troviamo (vedasi Dispensa N. 17):

$$C_{tot}I = \frac{500 \cdot 50}{500 + 50} = \frac{25\,000}{550} = \frac{500}{11} = 45{,}45 \; pF$$

$$C_{tot}F = \frac{500 \cdot 500}{500 + 500} = \frac{250\,000}{1000} = 250 \; pF$$

In origine la variazione del *condensatore variabile* usato per il circuito oscillante d'entrata era 50 : 500 = = 1 : 10. Il *padding* riduce questa variazione a $\frac{45{,}45}{250} = 1 : 5{,}5$.

La combinazione di R e C_3 costituisce anche qui un *filtro* per eliminare accoppiamenti indesiderati con gli altri stadi. Nel circuito anodico della DK91 è inserito il circuito primario di un *filtro di banda* per la *MF*, attraverso al quale avviene l'accoppiamento alla *valvola amplificatrice successiva* (DF91). L'alimentazione è indicata nel modo che abbiamo spiegato nella Dispensa precedente.

Accenneremo infine ad un *sistema per la conversione di frequenza* usato in passato in America: il « *pentagridconverter* ». È una parola mista di greco (penta = cinque) e d'inglese (grid = griglia, converter = convertitore). Come risulta dallo schema della fig. 46, il *pentagridconverter* è un *ottodo senza griglia di soppressione*. Bisogna quindi stare attenti, quando si ha a che fare con una valvola a sette elettrodi, se si tratta di un autentico *eptodo*, di un *nuovo ottodo* privo di anodo ausiliario, oppure di un *pentagridconverter*. In ogni caso il tipo della valvola risulterà dallo schema d'inserzione. Una *griglia-schermo pura* si riconosce sempre dal fatto che è *collegata a massa attraverso ad un condensatore* da 0,1-1 μF e che, nello stesso tempo, è *allacciata ad una tensione positiva*. Un cenno ancora sulla fig. 46. Poichè l'*anodo ausiliario* è costituito da *due astine*, come si vede nella fig. 42, esso viene rappresentato, oltre che col comune simbolo delle griglie, anche col simbolo riprodotto nella fig. 46.

L'amplificazione di conversione

Nelle *valvole convertitrici* esistono delle strane situazioni. La *prima griglia-pilota* è sottoposta alle oscillazioni dell'onda ricevuta, mentre nel circuito anodico si desidera ottenere la *tensione di media frequenza più elevata possibile*. È ovvio che l'ampiezza della *MF* dipende da quella della *frequenza d'entrata*, però anche la *tensione dell'oscillatore* ha un effetto importante. Si definisce « *amplificazione di conversione* » della valvola *il rapporto tra la tensione di MF nel circuito anodico e la tensione d'entrata alla frequenza di ricezione, riferito al valore più favorevole della tensione dell'oscillatore*. Quindi:

$$\textit{Amplificazione di conversione} = \frac{\textit{Tensione anodica alternata in MF}}{\textit{Tensione alternata in FE alla griglia-pilota}}$$

Se invece si fa *il rapporto tra la corrente anodica alternata in MF e la tensione alternata d'ingresso alla prima griglia*, si ottiene la *pendenza di conversione*.

Avete conosciuto così una parte importantissima dei moderni apparecchi radio. Nella prossima Dispensa esamineremo uno schema completo e ciò approfondirà ulteriormente le vostre cognizioni.

Domande

1. Quali e quante sono le griglie di un esodo convertitore?
2. Dove vengono applicate in un esodo convertitore la frequenza ausiliaria e quella d'ingresso?
3. Che differenza passa tra un esodo e un eptodo?
4. Quali valvole vengono sostituite dall'ottodo?
5. Dove si applicano, negli ottodi, la frequenza ausiliaria e quella d'ingresso?
6. Che significa *amplificazione di conversione*?

LE VALVOLE AD AMPLIFICAZIONE VARIABILE

A che serve la tensione di controllo?

Spiegheremo finalmente a che serve la *tensione di controllo*, tante volte citata. Vediamo perciò che cosa succedeva nei vecchi ricevitori radio, che non erano ancora dotati di questo perfezionamento. Non appena l'apparecchio era bene in sintonia con la stazione desiderata, ecco che l'*intensità sonora* (il *volume*) cominciava a fluttuare fortemente. A momenti la ricezione era forte, poi di nuovo molto debole, e si era quindi costretti a regolare costantemente il comando del volume, il che era tutt'altro che comodo. Le oscillazioni del volume

dipendevano evidentemente dal fatto che *la tensione raccolta dall'antenna non era costante*, ma variava da un momento all'altro. La teoria trovò ben presto la spiegazione dello strano fenomeno. Le onde elettromagnetiche raggiungono l'antenna ricevente percorrendo vie differenti. Nella fig. 47 si vede, per esempio, un'onda che va direttamente dall'emittente al ricevitore. Invece un'altra onda, procedendo in direzione diversa, va a colpire un ostacolo, che può essere una nuvola, una montagna o uno strato particolare dell'atmosfera e ne viene riflessa. Essa perviene quindi al ricevitore dopo aver percorso una via più lunga. È noto che la *relazione di fase*, tra due onde provenienti dalla medesima sorgente, *dipende dalla distanza da esse percorsa.*

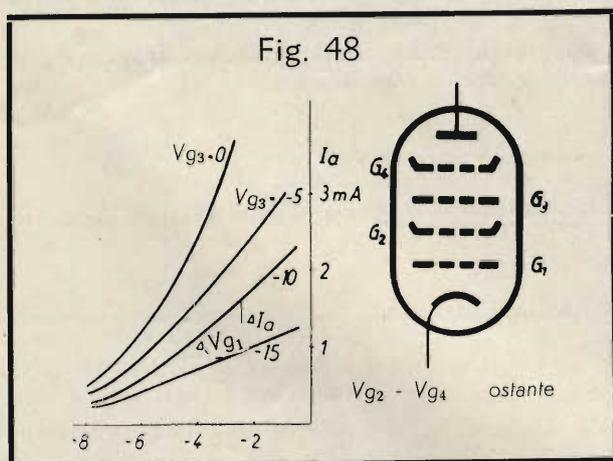
Come vedete, le due onde della fig. 47 presentano una *differenza di fase*, cosicchè possono rinforzarsi o indebolirsi a vicenda. È un fenomeno analogo a quello considerato a proposito della *reazione* (Dispensa N. 15, fig. 33).

Il riflettore non è però sempre un corpo rigido; di conseguenza la riflessione avviene in modo differente da un momento all'altro. La *relazione di fase* tra le onde parziali quindi varia, e con essa anche la *tensione* raccolta dall'antenna. Questa è dunque l'origine delle *fluttuazioni di volume* che costituiscono la cosiddetta « *evanescenza* » o « *fading* » (leggi *féding* ». L'*evanescenza* non può essere combattuta nell'antenna, almeno per quanto riguarda la gamma delle *onde medie*; si cerca quindi un rimedio nel ricevitore stesso. La manopola per la regolazione manuale del volume consente di mettere a punto l'amplificazione del circuito completo. Si desidera ora che questa messa a punto avvenga automaticamente.

Questo è dunque lo scopo della *tensione di controllo* da noi così spesso nominata: *realizzare la regolazione automatica dell'intensità sonora,* ossia il *controllo automatico del volume* (*C.A.V.*). Il *controllo automatico* deve quindi agire in modo da aumentare l'amplificazione, quando la tensione d'ingresso è debole, e da ridurla, quando la tensione è forte.

Ricorderete che l'*amplificazione di una valvola con griglia-schermo* dipende dalla sua *pendenza* e dalla *resistenza anodica* impiegata. Il fatto che si parli di *valvole ad amplificazione variabile* denota che si fa variare la *pendenza* della valvola, in relazione al valore della *tensione d'ingresso*, mentre la *resistenza anodica* rimane *costante*.

L'esodo ad amplificazione variabile

Descrivendo la valvola convertitrice a 6 elettrodi abbiamo accennato al fatto che l'*intensità della corrente anodica* può essere comandata da ciascuna delle griglie-pilota. Applicando la *tensione di controllo*, cioè una *tensione continua*, alla *seconda griglia-pilota*, la *corrente anodica* assumerà un valore dipendente da questa. Ciò vale anche per la *componente alternata della corrente anodica*, dovuta all'onda di ricezione applicata alla *prima griglia-pilota*.

Ricordiamo che la *tensione di controllo* si ricava raddrizzando la *frequenza d'entrata* oppure, nella supereterodina, la *media frequenza*. Nelle nostre spiegazioni sulla *tensione di controllo* (Dispensa N. 15), abbiamo parlato soltanto dell'*AF*. Sapete però che nella supereterodina la *frequenza acustica* si ricava per demodulazione della *MF*.

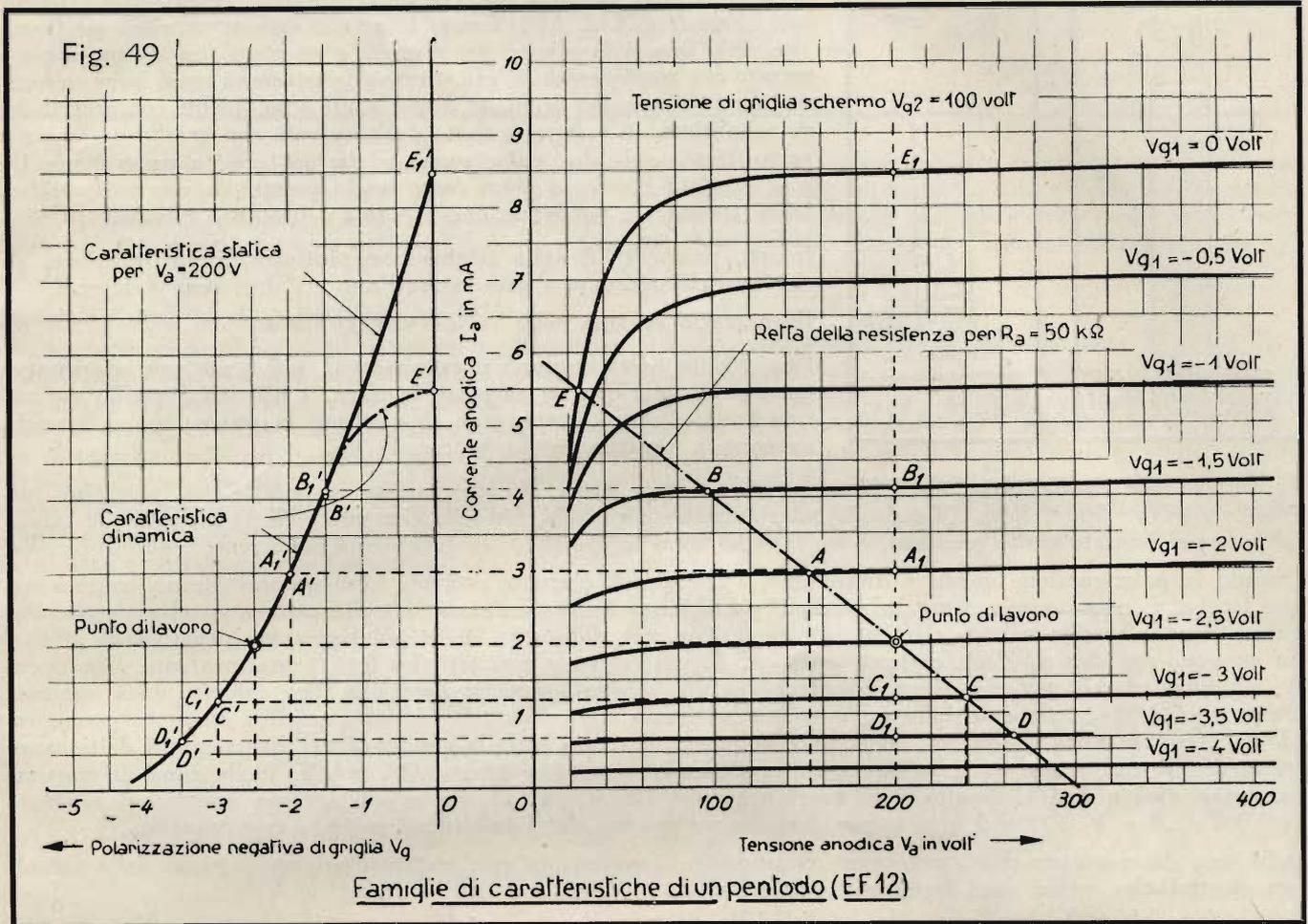
Vediamo ora in qual modo bisogna *fissare la polarità della tensione di controllo*. Il valore della *tensione di controllo* è, ovviamente, tanto maggiore, quanto più elevata è la *tensione d'ingresso* raccolta dall'antenna. L'*amplificazione* deve invece *diminuire di pari passo*. Ora sappiamo che l'*amplificazione* va tanto più diminuendo, quanto più negativa vien fatta la *seconda griglia* di comando dell'esodo. Rimane pertanto stabilita la polarità della *tensione di controllo*, la quale non deve essere altro che la *polarizzazione negativa della seconda griglia di comando*. Esprimendo la *amplificazione di tensione dell'esodo* mediante la formula (56), (Dispensa N. 14), vediamo che la variazione dell'amplificazione non può essere dovuta ad altro che alla variazione della *pendenza dinamica* della valvola. La *impedenza anodica* infatti è rimasta inalterata. Ecco quindi una constatazione importante:

La possibilità di regolare l'amplificazione per mezzo di valvole ad amplificazione variabile si fonda sulla variazione della pendenza.

Vi è noto che, nelle *valvole con griglia-schermo*, non esiste, in pratica, alcuna differenza tra *pendenza statica* e *dinamica*. La richiesta variazione di pendenza si ottiene, *variando la polarizzazione della seconda griglia di comando, detta perciò « griglia di controllo »*.

L'effetto di regolazione può essere rappresentato per mezzo di una *famiglia di caratteristiche* (fig. 48). Si tratta qui soltanto dell'andamento di principio, da cui risulta che la *pendenza* $S = \frac{\Delta I_a}{\Delta V_{g1}}$ è dipendente dalla tensione V_{g3}. Come vedete dalla fig. 48, la *pendenza* delle caratteristiche diminuisce aumentando la polarizzazione negativa, come occorre per realizzare la richiesta regolazione dell'amplificazione.

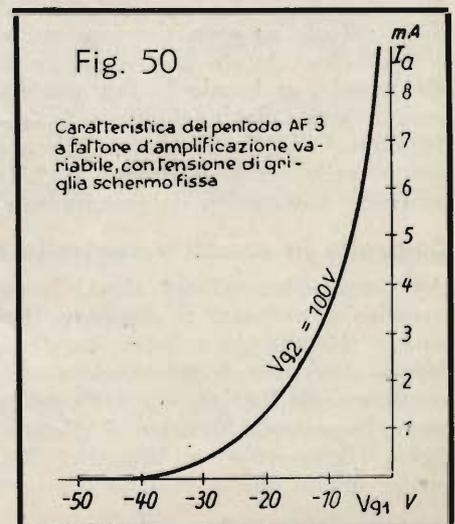
Fig. 49

Famiglie di caratteristiche di un pentodo (EF 12)

Il pentodo ad amplificazione variabile

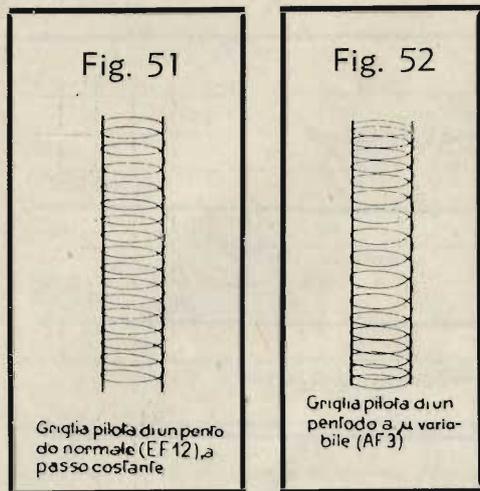
I *pentodi* normali non sono adatti per il controllo automatico del volume. Nella fig. 49 riportiamo un'altra volta la caratteristica I_a — V_g, come nella Dispensa N. 14, fig. 25, a sinistra. Da questa caratteristica possiamo ricavare la *potenza* e rileviamo che essa è praticamente costante in tutto il tratto più importante della caratteristica. Ciò corrisponde, del resto, a quanto si richiede da una normale amplificatrice, affinchè le distorsioni risultino ridotte il più possibile. Se trascuriamo però di considerare le possibili distorsioni e non ci preoccupiamo di evitare la curvatura della caratteristica, troviamo una possibilità sorprendente per effettuare la regolazione automatica.

Una valvola che presenti la caratteristica riportata in fig. 50 subisce delle variazioni enormi della pendenza e quindi anche dell'amplificazione, secondo la posizione del punto di lavoro. Che cosa occorre per effettuare la regolazione di una valvola dotata di questa caratteristica? Basta *applicare alla griglia-pilota, come polarizzazione, una tensione di controllo di valore sufficiente*; ne conseguirà un'*amplificazione fortemente variabile secondo la posizione del punto di lavoro*. La dipendenza dell'amplificazione del valore della *tension d'entrata* è analoga a quella che abbiamo visto per gli *esodi di controllo*; qui non occorrono però due griglie, ne basta una sola.

Forse voi vorreste costruire ora anche un *triodo* ad amplificazione variabile. In ciò incontrerete però una difficoltà enorme, dovuta al fatto che, col triodo, anche una forte variazione della pendenza non potrebbe provocare che una *variazione insufficiente dell'amplificazione*. Infatti, nel triodo, la *pendenza dinamica* non è uguale a quella *statica*, ma dipende dal valore della resistenza anodica.

Ed ora alcune spiegazioni sulla costruzione dei *pentodi ad amplificazione*

variabile. Essi devono possedere una *caratteristica fortemente incurvata,* come quella del *pentodo per corrente alternata* AF3, rappresentata nella fig. 50. Tale curva è una cosiddetta « *curva esponenziale* »; si dice perciò che queste valvole posseggono una *caratteristica esponenziale.* Esse si chiamano anche « *valvole a μ variabile* » (a mu variabile), intendendo con *μ* il *fattore d'amplificazione.*

Griglia pilota di un pentodo normale (EF12), a passo costante

Griglia pilota di un pentodo a μ variabile (AF3)

Confrontando un *pentodo ad amplificazione variabile,* con un *pentodo normale,* si nota la *conformazione differente della griglia-pilota.* I *pentodi normali* (EF12, AF7) hanno la *griglia avvolta in modo uniforme* (fig. 51). Invece la griglia dei *pentodi a caratteristica esponenziale* è *avvolta con passo variabile,* più stretto alle estremità e più largo in mezzo (fig. 52). Lo scopo di questa disposizione è facilmente comprensibile, se esaminiamo il comportamento delle valvole *con griglia uniforme a passo stretto* e di altre valvole *con griglia uniforme a passo largo.* La *griglia-pilota avvolta a passo largo* lascia passare la corrente anodica anche quando la polarizzazione negativa è piuttosto elevata.

Infatti, poichè i fili della griglia sono piuttosto distanti tra loro, gli elettroni che riescono a passare tra l'uno e l'altro sono numerosi.

Il contrario avviene nelle valvole *con griglia avvolta a passo stretto.*

Una debole polarizzazione negativa è già sufficiente per sopprimere quasi completamente la corrente anodica. I fili della griglia, vicinissimi l'uno all'altro, respingono gli elettroni in arrivo; solo ben pochi riescono a raggiungere la placca.

Le *valvole ad amplificazione variabile* sono, in un certo senso, il *collegamento in parallelo di parecchie valvole con griglie fitte e rade.* Quando la polarizzazione negativa è forte, la corrente riesce a superare la griglia soltanto nel limitato tratto mediano, dove le spire sono larghe (fig. 52). L'intensità di corrente è quindi piccola.

Quando la polarizzazione negativa diminuisce, l'intensità di corrente aumenta in modo normale nel tratto a maglie larghe. Contemporaneamente ha inizio il passaggio della corrente anche nelle parti a maglie strette. Per questo doppio accrescimento della corrente si ottiene, col diminuire della polarizzazione negativa di griglia, un *aumento rapidissimo della corrente anodica,* da cui deriva la caratteristica fortemente incurvata. Diminuendo ulteriormente la polarizzazione negativa, vengono a « *collegarsi in parallelo* altre *valvole,* ossia aumenta sempre più la porzione di griglia attraversata dal flusso elettronico; *la corrente anodica aumenta perciò rapidamente d'intensità.* Dalla fig. 50 si può stimare abbastanza bene la pendenza nei diversi punti della caratteristica. Nel tratto a sinistra, in basso, la *pendenza* è soltanto di circa 0,002 mA/V. Nella zona di massima pendenza, cioè a destra, in alto, essa raggiunge circa 1,8 mA/V. La variazione avviene quindi nel rapporto di 0,002 : 1,8 = 1 : 900. Ed è in questa larghissima misura che l'amplificazione può essere variata.

Dobbiamo darvi ancora una spiegazione in rapporto ai motivi per cui, improvvisamente, usiamo delle valvole con caratteristica curva, anzi fortemente incurvata.

La *tensione alternata* applicata alla griglia delle *valvole ad amplificazione variabile* è sempre talmente piccola, che la *variazione della corrente anodica,* attorno al punto di lavoro, è *quasi trascurabile.* Ciò significa che vien utilizzato, di volta in volta, soltanto un *tratto minuscolo della caratteristica.* Dei tratti così corti si possono sempre considerare, senza troppe preoccupazioni, come se fossero *rettilinei*; in altre parole, l'amplificazione non è affetta da distorsioni. Inoltre le *valvole per il controllo automatico del volume* vengono sempre fatte lavorare con l'impedenza anodica costituita da un *circuito oscillante* oppure da un *filtro di banda accordato.* Questi hanno la proprietà di esaltare in modo particolare il *campo di frequenza attorno alla risonanza.*

Le distorsioni provocano invece sempre delle frequenze notevolmente superiori alla frequenza applicata. Si hanno quindi dei disturbi soltanto nel caso che la tensione alternata, applicata alla griglia-pilota, sia molto forte, come può avvenire, per esempio, quando si riceve la stazione locale.

Nelle *valvole ad amplificazione variabile* si applica dunque alla *griglia-pilota,* oltre all'*AF,* anche la *tensione di controllo.* Questa ha il compito di regolare l'amplificazione, in modo che il volume sonoro rimanga pressochè uguale, malgrado le fluttuazioni della tensione d'antenna. Certo che il controllo di volume non deve giungere al punto da indebolire i *forte* e da sopprimere i *piano.* Questo pericolo si evita filtrando la *BF* dopo la demodulazione, in modo da eliminarla completamente dalla tensione di controllo. Osservate, a questo proposito, nelle figure di questa e della precedente Dispensa, i numerosi *condensatori* che collegano la linea del controllo automatico di volume con la massa.

Controllo in avanti e controllo indietro

Dobbiamo spiegarvi ora alcuni importanti concetti che si trovano in relazione col problema del controllo automatico di volume. Si distingue il *controllo in avanti* da quello *indietro.* Vi diremo subito che normalmente è usato il *controllo indietro.* La designazione deriva dal procedimento applicato per l'amplificazione. Si considera la *direzione di spostamento delle onde elettriche*: provenienti dall'antenna, esse passano dapprima gli stadi amplificatori d'*AF* (o di *MF*), giungendo al demodulatore (rivelatore). Seguono gli stadi di *BF* e l'altoparlante. Il *controllo indietro* si effettua, riportando la tensione di controllo ottenuta dal raddrizzatore d'*AF*, *indietro* alle valvole amplificatrici d'*AF*, come risulta schematicamente dalla fig. 53. Il controllo *in avanti* è invece quello che si realizza applicando la tensione di controllo agli stadi di *BF.*

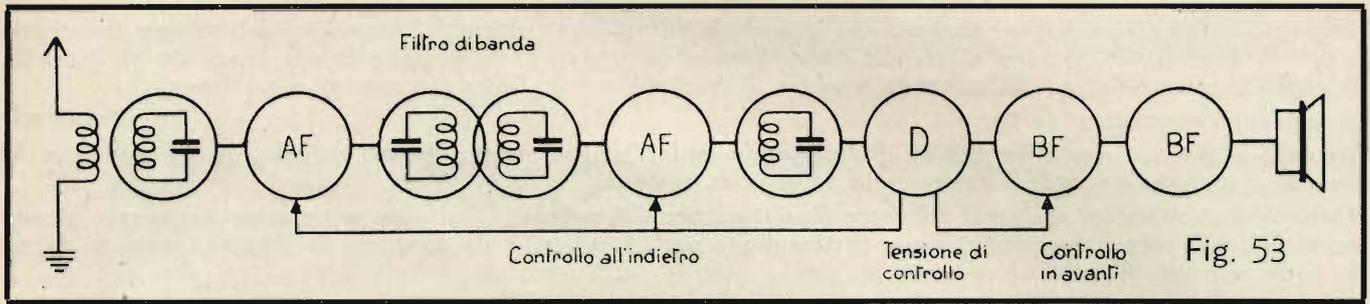
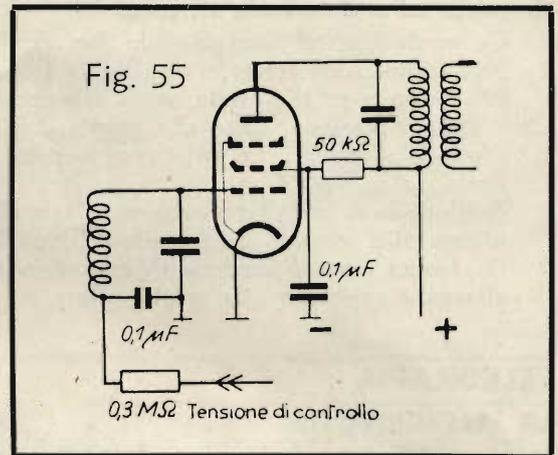
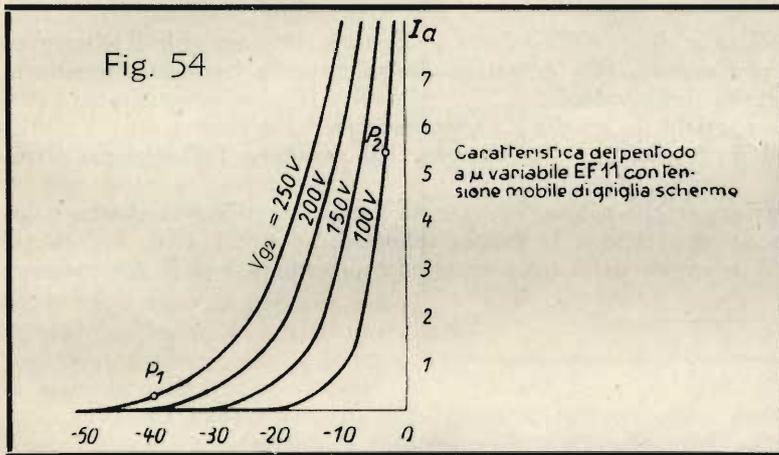



Fig. 53

Se avete compreso le nostre osservazioni precedenti, vi è chiaro come mai il controllo in avanti sia poco diffuso. La *BF*, dopo il rivelatore, possiede già un'ampiezza rilevante, cosicchè, applicata ad una *valvola con caratteristica esponenziale*, provocherebbe facilmente delle distorsioni. *In casi speciali* si applica però anche il *controllo in avanti*. Per queste ragioni, nello schizzo della fig. 53 è stato previsto il controllo automatico per un solo stadio *BF*.

Tensione mobile di griglia-schermo

Nel *pentodo ad amplificazione variabile*, ove *tensione da amplificare* e *tensione di controllo* sono entrambe applicate alla *medesima griglia*, l'effetto di controllo automatico non è pronunciato come nell'*esodo*, che utilizza *due griglie separate*. Per migliorare la regolazione automatica del volume con l'aiuto di una *seconda griglia*, è stata trovata una soluzione interessante. Come vedete dalla fig. 54, la pendenza delle caratteristiche varia anche con la *tensione della griglia schermo*. Ora, non è possibile applicare la *tensione di controllo* alla griglia schermo: c'è però un'altra possibilità. Nei *pentodi* l'intensità della corrente di griglia-schermo varia parallelamente all'intensità della corrente anodica. Se si inserisce una *resistenza elevata*, da 20 a 100 kΩ, *nel collegamento della griglia-schermo*, si ottiene una *caduta di tensione abbastanza forte*, cosicchè quando la corrente aumenta, la tensione della griglia-schermo diminuisce.

Vediamo ora quand'è che ciò avviene e in che modo noi possiamo trarne vantaggio. Quando la tensione della griglia-schermo è elevata (p. es. 250 V; fig. 54), la *caratteristica* possiede nel tratto inferiore, corrispondente ad una forte polarizzazione negativa della griglia-pilota, una *pendenza* e quindi un'*amplificazione molto scarsa*. Ci troviamo nel punto P_1 della fig. 54 e vediamo quindi che il controllo automatico è efficace. Come vedete dalla fig. 55, *la forte tensione di griglia-schermo si produce automaticamente*. Infatti *l'elevato valore della tensione di controllo provoca la diminuzione della corrente anodica e di conseguenza l'aumento della tensione della griglia-schermo, poichè la caduta di tensione diventa minore.*

Quando invece la *tensione d'ingresso*, proveniente dall'antenna, è *debole*, si ottiene una *tensione di controllo piccola*. Ne consegue una *più forte corrente anodica e di griglia-schermo*. Contrariamente a quanto avveniva prima, la *tensione di griglia-schermo si abbassa e il punto di lavoro si porta in* P_2 (fig. 54), cioè in una zona della caratteristica in cui si ha un'*elevata pendenza* ed una *forte amplificazione*, senza che la corrente anodica raggiunga dei valori eccessivi.

Come si vede, il principale vantaggio della *tensione mobile di griglia-schermo* consiste nell'ottenere le medesime variazioni di pendenza con variazioni molto più limitate della componente continua della corrente anodica.

Oggi si applicano tutti i mezzi per il controllo automatico del volume, anche con gli *esodi* e gli *eptodi ad amplificazione variabile*. Si ottiene così una regolabilità maggiore di quella del semplice *pentodo*. Per ottenere il medesimo effetto, cioè la stessa variazione dell'amplificazione, basta una *tensione di controllo molto più debole* che non nel caso del *pentodo*: circa *un terzo soltanto*. I moderni *esodi* ed *eptodi ad amplificazione variabile* possiedono anch'essi la griglia-pilota avvolta, come quella della fig. 52; inoltre anche ad essi si applica spesso la *tensione mobile di griglia-schermo*. Anche quest'ultimo provvedimento richiede una struttura speciale, che differisce da quella delle *valvole con tensione fissa di griglia-schermo*.

Dopo queste spiegazioni avete compreso che è possibile effettuare il controllo automatico del volume anche sulle *valvole mescolatrici*. Occorre allora che queste valvole siano dotate di *griglia-pilota a passo variabile*, ossia di griglia *esponenziale*; naturalmente la *tensione di controllo* va applicata a questa griglia-pilota.

Riassumendo constatiamo:

Il controllo automatico del volume si effettua diminuendo l'amplificazione di una valvola, quando aumenta la tensione d'ingresso e quindi il valore della tensione di controllo.

Ora siete al corrente sui problemi del *controllo automatico del volume*. Ci rimane soltanto da aggiungere alcune cognizioni sulla forma che presentano in pratica molte parti staccate, e da discutere lo schema completo di un moderno apparecchio radioricevente.

Domande

1. In che cosa consiste il controllo automatico del volume?
2. Che differenza passa, costruttivamente, tra un pentodo normale ed un pentodo ad amplificazione variabile?
3. Che cos'è il controllo indietro?
4. Come si realizza la tensione mobile di griglia-schermo?

Risposte alle domande di pag. 14

1. Il bel, il decibel ed il neper.
2. $b' = \lg \frac{P_1}{P_2}$; $0{,}6 = \lg \frac{2}{P_2}$; $3{,}98 = \frac{2}{P_2}$; $P_2 = 0{,}503\ mW$.
3. $p' = \lg \frac{P_2}{P_0} = \lg \frac{3}{1} = \lg 3 = 0{,}477$ [bel].
4. $V = \sqrt{3 \cdot 10^{-3} \cdot 600} = \sqrt{1{,}8} = 1{,}34$; oppure: $p' = 2 \lg \frac{V_2}{V_0}$; $0{,}477 = 2 \lg \frac{V_2}{0{,}775}$; $0{,}238 = \lg \frac{V_2}{0{,}775}$; $\frac{V_2}{0{,}775} = 1{,}73$; $V_2 = 1{,}73 \cdot 0{,}775 = 1{,}34\ V$.

Risposte alle domande di pag. 19

1. Un esodo convertitore possiede due griglie-pilota e due griglie-schermo. In tutto vi sono quindi 4 griglie.
2. Nell'esodo convertitore si applica la frequenza d'entrata alla prima griglia-pilota e la frequenza ausiliaria alla seconda griglia-pilota, ossia alla terza griglia della valvola.
3. L'eptodo possiede, oltre alle griglie dell'esodo, anche la griglia di soppressione.
4. L'ottodo sostituisce un eptodo convertitore ed un triodo per l'oscillatore, che produce la frequenza ausiliaria.
5. Nell'ottodo si ha la frequenza ausiliaria alla prima griglia-pilota, mentre la frequenza d'ingresso viene applicata alla seconda griglia-pilota, dopo l'anodo ausiliario e la griglia schermo.
6. Si chiama « *amplificazione di conversione* » il rapporto della tensione anodica alternata in *MF* alla tensione alternata applicata alla griglia-pilota.

TELEGRAFIA

LA TELESCRIVENTE

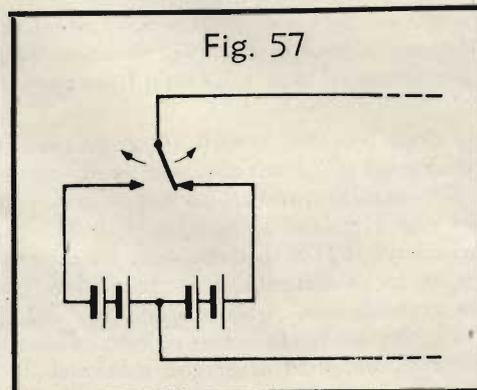
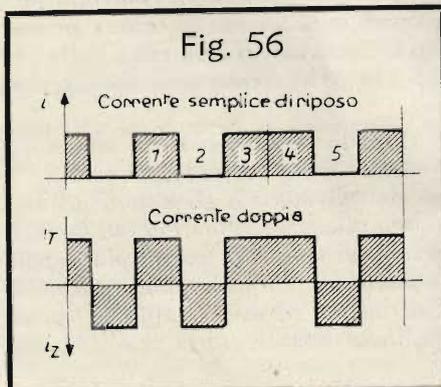
In questa Dispensa descriveremo le particolarità di un terzo sistema di telescrivente usato in pratica.

La telescrivente Creed

Si tratta di un sistema sviluppato in Inghilterra, che presenta perciò alcune differenze rispetto ai sistemi tedeschi *Siemens* e *Lorenz*.

La corrente doppia

Dobbiamo indicare anzitutto una differenza essenziale nella *conformazione degli impulsi*. Finora abbiamo conosciuto, come elementi costitutivi dell'alfabeto Murray, gli impulsi di *corrente* e di *assenza di corrente*. Si ottiene una maggiore sicurezza di trasmissione se, invece di limitarsi ad interrompere la corrente, se ne commuta la *polarità*.

La fig. 56, portando ad esempio la lettera F, mostra che la *corrente circola in due direzioni*, in modo analogo alla corrente alternata. Dalla rappresentazione diagrammale risulta la forma dei segnali telegrafici, che sono costituiti dai cinque impulsi di codice, oltre che dall'impulso di partenza e

da quello d'arresto. La fig. 57 mostra come si realizza, in modo assai semplice, la *corrente doppia*. Questa differenza, rispetto ai sistemi telegrafici descritti finora, è irrilevante e non vi darà alcuna perplessità.

Trasmissione

Il *complesso trasmettitore* della *telescrivente Creed* presenta maggiori particolarità. Comunque abbiamo anche qui *5 barre di codice* (*W*), la cui posizione è caratteristica per il segnale trasmesso (fig. 58). Osserverete però subito che queste barre di codice *non posseggono intagli a dente di sega*. Il problema dello spostamento è però ugualmente risolto in modo molto semplice. Le cinque barre di codice sono trattenute da una *leva di blocco* (*S*). Non appena l'operatore preme un tasto, la *leva di blocco* viene sollevata dalla *camma* (*N*) e le barre tentano di spostarsi verso destra, sotto la trazione delle *molle* (*F*). Le *barre di codice* sono dotate di piccole *sporgenze* che si trovano in differenti posizioni e che vanno a poggiare contro le *leve di collegamento* (*V*) dei tasti (*T*). Così, per esempio, nella fig. 58, ove il tasto premuto è quello della lettera H, la prima, la seconda e la quarta barra di codice sono trattenute dalle loro sporgenze, mentre la seconda e la quinta barra sono libere di spostarsi verso destra.

Fig. 58

Come risulta dall'alfabeto Murray (Dispensa N. 16), la posizione delle barre 1, 2 e 4 provoca una *corrente di lavoro*, mentre quella delle barre 3 e 5 produce una *corrente di riposo*. Si chiama *corrente di lavoro* quella che ha la *medesima direzione dell'impulso di partenza* (*start*), mentre la *corrente di riposo* ha la *direzione dell'impulso d'arresto* (*stop*).

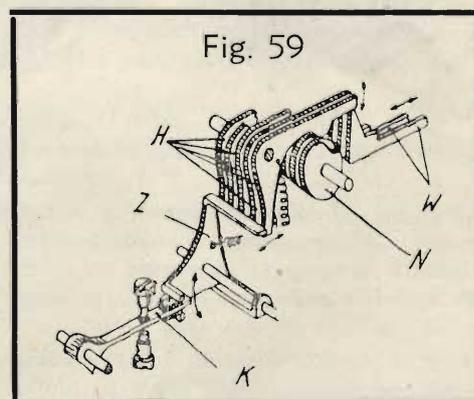
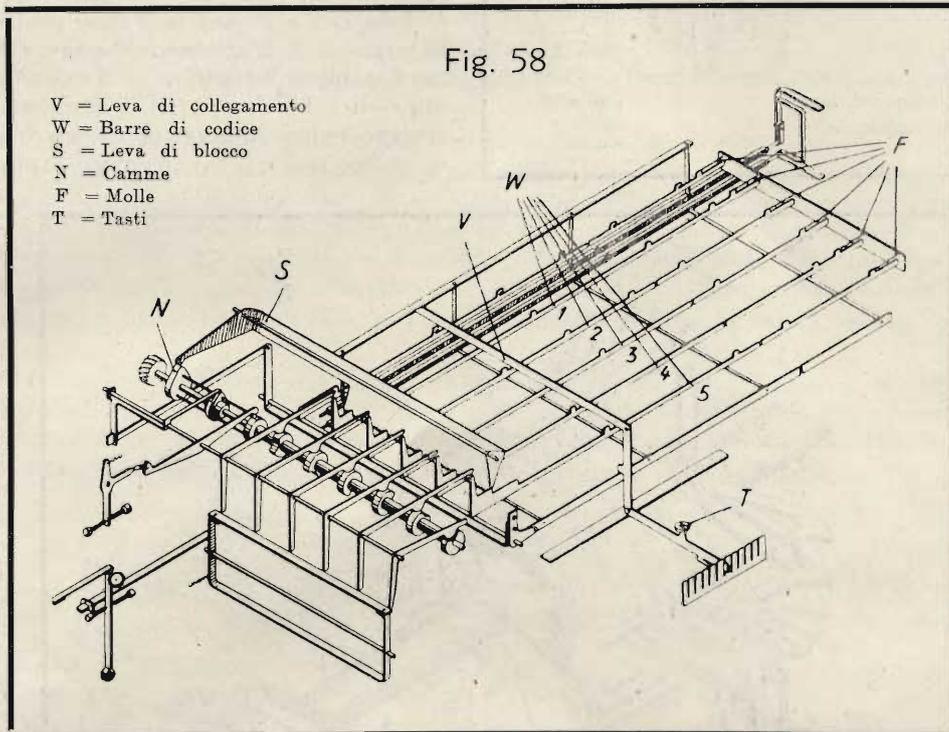
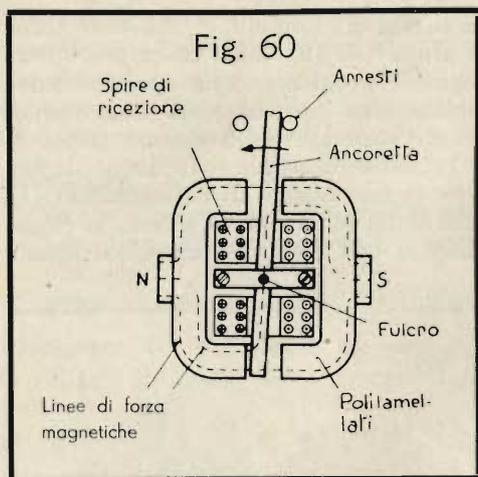
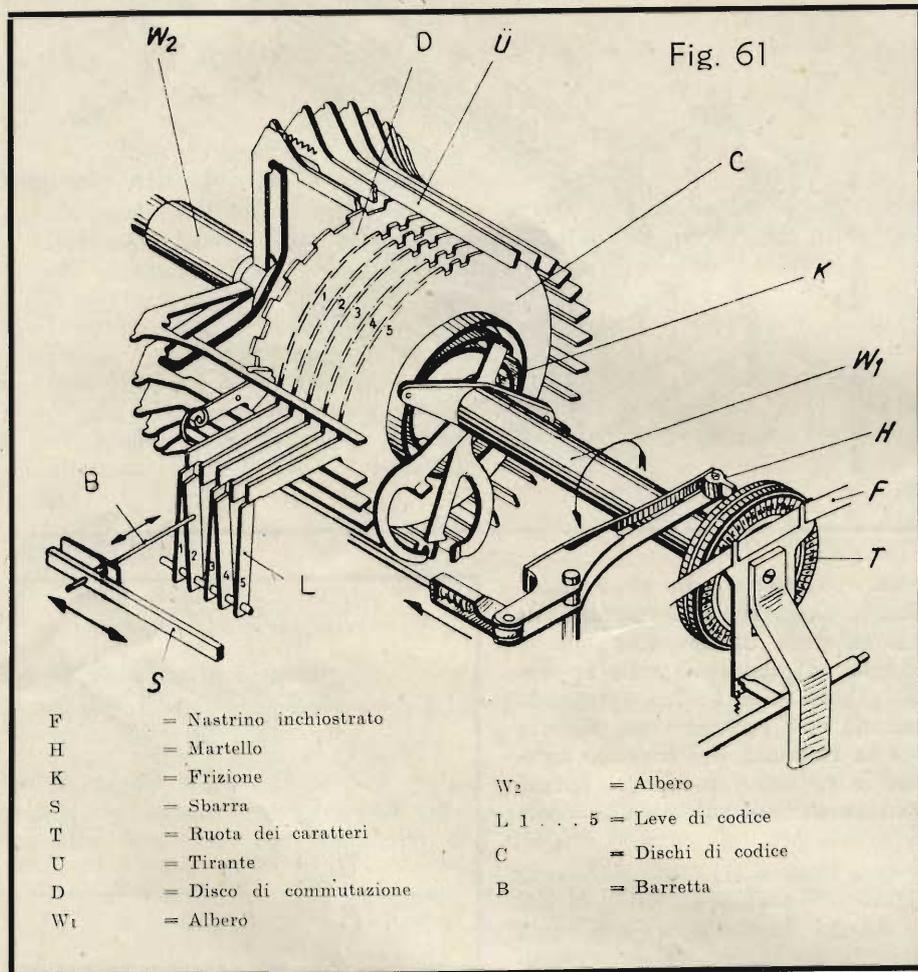
Pure interessante è il sistema col quale la posizione delle barre di codice determina l'azionamento di un *unico contatto di commutazione*. Il principio di funzionamento risulta dalla fig. 59. In posizione di riposo tutte e cinque le *leve di comando* (*H*) poggiano sulle appendici delle *barre di codice di trasmissione* (*W*).

Abbiamo descritto il modo nel quale le *barre di codice di trasmissione* vengono spostate a seguito della pressione operata sui tasti. Vedete ora che *tutte le barre spostate verso destra liberano le corrispondenti leve di comando*. Contemporaneamente alla pressione del tasto ha inizio la rotazione delle *camme* (*N*). Queste consentono alle leve di comando, che non poggiano più sulle appendici delle barre di codice, di abbassarsi, l'una dopo l'altra, spostando il braccio verticale verso sinistra e facendo così ruotare verso sinistra la *leva intermedia Z*, la quale provoca la chiusura del *contatto inferiore*. Viene allora immessa sulla linea la *corrente di riposo*. Invece le *barre di codice trattenute nella posizione di sinistra* provocano *corrente di lavoro*.

Fig. 59

Forse voi ritenete che l'esercizio *a corrente doppia* sia tanto differente da quello *a corrente semplice*, da rendere impossibile il collegamento di due apparecchi funzionanti nei due sistemi. Invece non c'è nessuna difficoltà insormontabile, poichè la corrente doppia può essere tramutata facilmente in corrente semplice e anche quella semplice si trasforma in corrente doppia, mediante l'impiego di un semplice *relè* intermediario.

Ricezione e scrittura

Altre particolarità si trovano nella parte ricevente. Anche qui si usa *una sola ancoretta*; questa è comandata da un *elettromagnete* accoppiato ad una *calamita*. Ad ogni impulso di corrente di polarità cambiata, l'*ancoretta* inverte la sua posizione e vi rimane fino al successivo comando contrario. Questo dispositivo si chiama « *relè polarizzato* » ed è basato sul medesimo principio del rivelatore elettromagnetico da grammofono (Dispensa N. 11). Se, per esempio, si porta a sinistra per *corrente di riposo*, l'*ancoretta* rimarrà a sinistra, finchè non intervenga la *corrente di lavoro* che la sposti a destra. Il *relé* si dice « *polarizzato* » perchè ubbidisce alla polarità della corrente, che può essere positiva o negativa.

Nella fig. 60 il *relè polarizzato* è rappresentato schematicamente. Questi relè polarizzati sono sensibilissimi, perchè non abbisognano di una molla che li riporti nella posizione di riposo e non richiedono quindi, per la commutazione, che una forza molto piccola.

Lo svolgimento successivo della ricezione può essere seguito nella figura 61. Nel *sistema Creed* è l'*ancoretta* stessa che comanda il *meccanismo di ricezione*, senza che occorra un dispositivo di tasteggio, come nei sistemi *Siemens* e *Lorenz*. La *sbarra* (*S*) viene spostata avanti e indietro per effetto di un meccanismo che non occorre descrivere: essa porta in tal modo la *barretta di selezione* (*B*) davanti alle singole *leve* (*L*), spostandole nell'una o nell'altra posizione, secondo la posizione del *relè ricevente*. Il movimento della sbarra (*S*) deve avvenire in sincronismo con l'emissione degli impulsi di codice; è questo appunto l'organo per il quale, nella *telescrivente Creed*, sussiste l'*esigenza del sincronismo*. Come vedete nella fig. 61, le leve 2 e 4 si trovano in una posizione corrispondente alla *corrente di lavoro*, mentre le leve 1, 3 e 5 sono nell'altra posizione, corrispondente alla *corrente di riposo*. Nell'alfabeto Murray (Dispensa N. 16) tale disposizione corrisponde alla lettera y. Le leve *L* costituiscono gli appoggi delle appendici dei *dischi* (*C*), i quali svolgono la funzione che, negli altri sistemi, hanno le *barre di codice di ricezione*. Le *appendici dei dischi di codice* 1, 3 e 5 vanno infatti a poggiare sulle corrispondenti leve *L*, mentre invece i *dischi di codice* 2 e 4 restano liberi di ruotare maggiormente verso sinistra.

Questi *dischi di codice* hanno la circonferenza dotata di *intagli*; per ogni combinazione possibile vi è un posto determinato, ed uno solo, dove tutti e cinque gli intagli vengono a trovarsi esattamente allineati. Quel *tirante* (*U*), che si trova in corrispondenza di tale posto, cade nella feritoia formata dai *dischi di codice*; così si attua la selezione della lettera o del segno trasmesso. Il *disco* (*D*) situato dietro ai dischi di codice, serve *ad effettuare la commutazione* Lettere — Cifre, o viceversa. Nell'esempio della fig. 61, se non ci fosse questo *disco di commutazione*, potrebbe cadere, oltre al tirante della lettera y, anche quello della cifra 6 (vedasi alfabeto Murray), cosa che ovviamente non deve accadere.

Veniamo all'ultima operazione: la scrittura. A mezzo di un *innesto a frizione* (*K*) l'*albero* (W_1), che porta la *ruota* (*T*) coi caratteri di scrittura, viene messo in rotazione dall'*albero motore* (W_2). Naturalmente i *dischi di codice* ed i *tiranti* non partecipano alla rotazione. Gira invece solidalmente con l'albero (W_2) il *dispositivo a forcella* che si scorge in basso, nel quale va a innestarsi il *tirante* selezionato, bloccando la *ruota dei caratteri* in una posizione tale da fermare la lettera richiesta in alto, davanti al *martello* (*H*). I caratteri d'impressione non si trovano all'esterno della ruota (*T*), ma sul lato frontale ,e non sono fissati rigidamente, ma trattenuti da una *molla*. Vedrete subito lo scopo di questa disposizione. Appena la *ruota dei caratteri* si è fermata, il martello (*H*) va infatti a battere contro il *carattere* che si trova in alto. Questo balza in avanti, premendo il *nastro inchiostrato* contro la carta (non visibile nella figura) e determinando così l'impressione della lettera o del segno trasmesso. Rileverete nella *telescrivente Creed* una certa somiglianza con l'antenato delle telescriventi, il telegrafo di Hughes.

Anche in questa occasione abbiamo trattato soltanto le funzioni di principio, senza occuparci dei dettagli meccanici. A rigore, quando si è visto come funziona il *relè ricevente*, si è già esaurita tutta la parte elettrotecnica della telescrivente. Anche l'azionamento dei vari organi della telescrivente non è necessariamente un problema

elettrotecnico, poichè, se è vero che, per ragioni di praticità, le telescriventi sono sempre azionate da un motore elettrico, è altrettanto vero che, teoricamente, si potrebbe avere anche un motore d'altro genere. Basta perciò che ricordiamo ancora semplicemente l'esistenza degli organi accessori, descritti nella Dispensa N. 16 per l'*apparecchio Siemens*, senza doverne ripetere la descrizione.

Cenno sulla telescrivente Olivetti

Aggiungeremo alcuni cenni sulla *telescrivente Olivetti*, che è senza dubbio *la più diffusa in Italia*. Dopo che vi abbiamo descritto tre diversi sistemi di telescriventi, sarete convinti che, nel loro principio di funzionamento, le moderne telescriventi non presentano differenze essenziali. Ciò vale senz'altro anche a proposito della *Olivetti*, cosicchè è superfluo riportarne una descrizione dettagliata. I vari organi di questo moderno apparecchio di fabbricazione italiana corrispondono tutti, nel principio costruttivo, ai corrispondenti organi dell'uno o dell'altro dei sistemi esteri precedentemente descritti, di cui rappresentano la realizzazione più moderna e l'applicazione più generale.

La *trasmissione* viene attuata in modo analogo a quella del *sistema Siemens*, utilizzando *cinque barre di codice con intagli a dente di sega*. *Cinque camme* ruotanti *provano* successivamente la posizione delle barre di codice, determinando, mediante appositi *levismi*, la chiusura del contatto di trasmissione nell'uno o nell'altro senso.

Questo contatto, non è infatti un semplice interruttore, bensì un *commutatore* come nel *sistema Creed* (figura 57 di questa Dispensa); è quindi possibile la *trasmissione a corrente doppia*, più sicura, come abbiamo visto, di quella a corrente semplice.

Per la *ricezione* esiste naturalmente un *relè polarizzato*, adatto per il funzionamento *a corrente doppia*.

L'*Olivetti* può però, all'occorrenza, funzionare anche *a corrente semplice*. In questo caso l'*ancoretta* del *relè ricevente* viene squilibrata per mezzo di una *molla a spirale*; la tensione della molla si regola spostando un *indice* che si trova davanti a una *scala graduata*. Come nel *sistema Lorenz*, vi è *una sola ancoretta*; *cinque leve*, mosse successivamente dalle *camme di ricezione*, compiono il tasteggio della posizione dell'*ancoretta*, spostando corrispondentemente le cinque *barre di codice di ricezione*, simili a quelle dell'*apparecchio Siemens*.

La selezione del martelletto, che porta il carattere trasmesso, e l'impressione avvengono in modo analogo a quello del *sistema Siemens*.

Accenniamo infine al *motore della telescrivente Olivetti* che, come abbiamo già detto nella Dispensa N. 16, può funzionare con qualsiasi tipo di corrente; citiamo inoltre il fatto che l'Olivetti costruisce modelli adatti per la scrittura tanto su *nastro telegrafico* (zona), quanto su *fogli di formato normale* per macchina da scrivere.

Abbiamo terminato così le nostre spiegazioni sulle telescriventi, mettendovi in grado di avere delle idee concrete sui sistemi in uso.

RADIOTECNICA

LA CONTROREAZIONE

Abbiamo già ripetutamente discusso l'utilità e lo scopo della *reazione*. Si tratta di un principio che ha avuto particolare importanza nei primi semplici apparecchi riceventi, ma che, soprattutto, ha operato una vera rivoluzione nel campo della radiotecnica, poichè ad esso si deve la possibilità di attuare le *radiotrasmittenti a valvole*. Se dunque la *reazione* produce, in ogni caso, un aumento dell'amplificazione, voi penserete, a ragione, che la *controreazione* provochi una *diminuzione dell'amplificazione*.

Vi chiederete quindi con sorpresa a che cosa possa servire questa diminuzione d'amplificazione. Si costruiscono degli amplificatori e poi se ne riduce l'effetto, applicando una *controreazione*? La cosa parrebbe strana, eppure la *controreazione* è usata spesso e ne comprenderete tra breve la ragione.

Quando vi abbiamo fatto conoscere le *valvole termoioniche* abbiamo accennato subito al fatto che la curvatura delle caratteristiche è causa di distorsioni e di scarsa fedeltà nella riproduzione. In che cosa consistono queste *distorsioni*? Pensate al suono di un apparecchio che abbia le valvole vecchie ed esaurite. La tonalità dell'apparecchio è stranamente stridula. Qualcosa di nuovo e di sgradevole si è aggiunto ai suoni trasmessi: si tratta di *frequenze più alte*, che sfalsano così la voce della radio.

Poichè sapete come si realizza la *reazione*, non avrete difficoltà ad immaginare in che modo si ottenga la *controreazione*. Nella Dispensa N. 15 abbiamo spiegato che, per fare la *reazione*, si riporta alla griglia una tensione alternata prelevata dal circuito anodico; bisogna però che questa tensione sia di fase tale da provocare un aumento della tensione originale all'ingresso della valvola. *Se invece la fase è contraria* (Dispensa N. 15, fig. 35-b), *si ha una diminuzione della tensione d'ingresso e quindi dell'amplificazione*. Questa è dunque la *controreazione*.

Come stanno le cose per le *frequenze di disturbo*, che si formano per effetto della curvatura della caratteristica? Queste frequenze non si trovano, in origine, all'ingresso, in quanto si manifestano soltanto *nel circuito anodico*. È quindi chiaro che queste frequenze risulteranno indebolite dalla *controreazione* in misura maggiore delle frequenze utili. Ecco dunque lo scopo della *controreazione*:

> *La controreazione riduce le distorsioni, provocate dalla curvatura della caratteristica della valvola. Essa provoca, peraltro, anche una diminuzione dell'amplificazione.*

C'è poi un altro fatto importante che si sfrutta per aumentare l'efficacia della *controreazione*. Se si fa in modo da rendere dipendente dalla frequenza il *canale di controreazione*, costituito da quegli elementi che riportano all'ingresso una parte della tensione anodica, nella giusta relazione di fase, si ottiene la possibilità di applicare la controreazione soltanto nei confronti di *determinate frequenze*, che si desidera sopprimere. Le alte frequenze non subiscono invece attenuazioni.

È ovvio in quali posti convenga applicare la *controreazione*. *Nella parte d'AF*, dove i circuiti di risonanza lasciano passare soltanto una banda di frequenza relativamente stretta, *la controreazione non ha ragione di essere*. *La troveremo invece assai spesso nella parte di BF*. Vediamone un esempio (figura 62). In detta figura è rappresentato il *canale di controreazione di uno stadio di BF*.

Il valore dei singoli elementi (*resistenza, condensatori*) è assai importante in questo caso.

Oltre all'effetto della *controreazione*, è realizzata qui la possibilità di *regolare il timbro o la tonalità del suono*, mediante *il commutatore S*.

Come *preamplificatrice* è usata una EBF11, il cui collegamento dei diodi ora non interessa. Come vedete, alla valvola è applicata una *tensione di controllo*: si tratta, in questo caso, di *controllo in avanti*. L'ingresso della *BF* avviene attraverso al condensatore da 25 000 pF. L'adduzione della tensione continua ai vari elettrodi non presenta alcuna difficoltà. Nel circuito anodico della EBF11 si trova il *filtro d'alta frequenza*, mentre i 160 kΩ servono da *resistenza anodica*. Il collegamento della EL12 come *valvola finale* è pure normale; l'abbiamo già visto un'altra volta con valori simili. Il *circuito oscillante* in serie, inserito tra l'anodo e la massa, è un circuito accordato per l'eliminazione dei 9 kHz. La novità consiste nel *collegamento dei due anodi attraverso vari elementi*; è questo il *canale di controreazione*. Naturalmente il collegamento avrebbe potuto avvenire anche direttamente, dalla placca alla griglia-pilota della valvola finale. Sarebbe occorso però un condensatore capace di sopportare la tensione anodica. Così invece basta un *condensatore senza isolamento elevato*, poichè entrambi gli anodi sono sottoposti alla tensione continua positiva.

Vediamo dapprima lo scopo e l'effetto della *resistenza da 12 MΩ*, che collega direttamente i due anodi. Per un calcolo approssimato basta considerare le due resistenze da 12 Mk e da 160 kΩ come rami di un *partitore di tensione*. Vedete subito che sui 160 kΩ agisce soltanto una *piccola parte della tensione alternata anodica della valvola finale*; ma questa porzione ritorna, attraverso al condensatore da 25 nF, alla *griglia-pilota* della EL12, dove agisce come *controreazione*. Come sapete da precedenti spiegazioni, la tensione alternata anodica è di fase opposta alla tensione di griglia. Se la tensione anodica viene quindi riportata direttamente alla griglia (cioè senza apposito trasformatore per l'inversione di fase) si ottiene sempre una *controreazione*.

Vediamo ora l'effetto dei rami trasversali, che vengono inseriti mediante il commutatore S. Per la posizione di questo commutatore, disegnata nello schema, la tensione alternata anodica è collegata a massa attraverso 0,6 MΩ. Quindi questo canale non trasporta tensione e non si produce alcuna controreazione supplementare. Il *condensatore da 500 pF* conduce invece più facilmente a massa le *frequenze alte che quelle basse*. Inserendo tale condensatore, le *frequenze basse* subiscono una *controreazione più forte* e rimangono *attenuate*. Il *condensatore da 100 pF impedisce però che l'attenuazione delle frequenze basse sia troppo forte*. La posizione mediana del *commutatore* produce un *certo rinforzo dei suoni alti*, che subiscono meno controreazioni; *la tonalità diventa chiara*. Infine, nella posizione a destra, i *suoni alti*, che attraversano abbastanza facilmente il condensatore da 100 pF, risultano sottoposti ad una *maggiore controreazione* e *la tonalità diventa quindi cupa*.

La *controreazione* rende possibili delle soluzioni interessanti, di cui si fa sovente uso nei ricevitori di produzione industriale.

Risposte alle domande di pag. 24

1. Il controllo automatico del volume si attua spostando il punto di lavoro in un tratto di maggiore pendenza. L'amplificazione varia assieme alla frequenza.
2. I pentodi ad amplificazione variabile possiedono una griglia a passo variabile, la cosiddetta « *griglia esponenziale* ». I pentodi comuni hanno invece la griglia uniforme.
3. Il *controllo indietro* consiste nel riportare indietro l'*AF* o la *MF* raddrizzata, alla griglia-pilota delle valvole amplificatrici d'*AF* o di *MF*.
4. La tensione mobile di griglia-schermo si ottiene mettendo una resistenza elevata in serie al collegamento di griglia-schermo. La resistenza trasversale di griglia-schermo allora varia, a seguito della caduta di tensione nella resistenza.

COMPITI

1. Da che cosa sono dati i limiti di capacità nei condensatori di protezione verso la custodia delle macchine elettriche? Quali sono gli effetti di una buona terra?
2. Qual è lo scopo della schermatura dei cavetti d'accensione, nelle automobili?
3. Come mai i survoltori a vibratore generano dei disturbi?
4. Che cosa significa, quando si dice che una linea chiusa con l'impedenza caratteristica ha un'attenuazione di 20 db?
5. Qual è la potenza che attraversa una linea in un punto ove il livello misura 1,5 neper?
6. Qual è l'intensità della corrente che attraversa una resistenza da 600 Ω al livello di — 12 db?
7. Disegnate lo schema di uno stadio convertitore di frequenza con la valvola ECH4.
8. Quali differenze si riscontrano nelle 3 specie di eptodi da voi conosciuti?
9. Come mai è necessario il controllo automatico del volume?
10. Qual è il valore della tensione di griglia-schermo per $V_B = 250$ volt e $I_{g2} = 1$ mA, con una resistenza di caduta di 160 kΩ? A quale valore sale la tensione, se la corrente di griglia-schermo si riduce alla metà?
11. Quali due tipi di corrente sono usati nelle telescriventi per la trasmissione degli impulsi?
12. A che cosa serve la controreazione?

FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 18

Formula N.°

(62) Attenuazione: $b' = \lg \frac{P_1}{P_2}$ (bel) . . . . *pag.* 10

(63) Attenuazione: $b = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_2}$ (neper) . . . . „ 11

(64) Attenuazione: $b = \ln \frac{V_1}{V_2}$ (neper) . . . . „ 12

(65) Livello di potenza: $p = \frac{1}{2} \ln \frac{P_2}{P_0}$ (neper) . . . . „ 13

DISPENSA N°. 19

CORSO DI TECNICA DELLE
TELECOMUNICAZIONI
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA

ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 19

Riassunto della materia trattata nella dispensa precedente *pag.* 1

Telefonia . . . . » 1

La selezione automatica . . . . » 1

Il sistema rotativo Bell . . . . » 2

Il cercatore di chiamata . . . . » 2

I selettori di gruppo e di linea . . . . » 3

Il commutatore di successione . . . . » 3

Il registratore . . . . » 4

La formazione del collegamento telefonico . . . » 5

Domande . . . . » 7

Telegrafia . . . . » 7

L'apparecchio radiotelescrivente sistema Siemens-Hell . . » 7

L'alfabeto e l'esplorazione . . . . » 7

Il trasmettitore . . . . » 8

Il ricevitore . . . . » 9

Il sincronismo . . . . » 9

Domande . . . . » 10

Tecnica delle misure . . . . » 10

Vavole termoioniche . . . . » 10

1) Il principio . . . . » 10

2) La messa a fuoco . . . . » 11

3) Le placche di misura . . . . » 11

4) Lo schermo fluorescente . . . . » 12

5) L'effettuazione delle misure col tubo a raggi catodici . » 12

6) Il campo di frequenza . . . . » 13

7) La sensibilità del tubo a raggi catodici . . . . » 14

Domande . . . . » 14

Radiotecnica . . . . » 15

Valvole termoioniche . . . . » 15

La valvola indicatrice di sintonia . . . . » 15

Domande . . . . » 16

Radiotecnica . . . . » 16

Il ricevitore a supereterodina completo . . . . . . » 16

Il commutatore d'onda . . . . » 17

Il circuito del generatore d'oscillazioni . . . . . » 18

L'alimentatore . . . . » 19

Lo schema completo . . . . » 20

Domande . . . . » 24

Acustica ed elettroacustica . . . . » 25

Il magnetofono . . . . » 25

Il principio fondamentale . . . . » 25

Il nastro magnetico . . . . » 25

Avanzamento e velocità del nastro . . . . » 25

Gli elettromagneti . . . . » 26

Amplificatori di registrazione e di riproduzione . . . » 27

Le applicazioni del magnetofono . . . . » 28

Il dittafono . . . . » 28

Domande . . . . » 28

Compiti . . . . » 29

CORSO DI TECNICA DELLE
TELECOMUNICAZIONI - RADIO
A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA
Dispensa N. 19

RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Prima di procedere oltre nel campo delle cognizioni tecniche, richiamiamo alla memoria l'ultima tappa del nostro cammino. La prima parte della Dispensa N. 18 era dedicata ai *radiodisturbi* ed alla *lotta contro di essi*. Le onde parassite hanno origine soprattutto nei posti ove si formano delle scintille. Avete imparato ad eliminare i disturbi nei contatti e negli interruttori e, soprattutto, nei motori a collettore. Il collettore è causa di disturbi, dovuti allo scintillio delle spazzole di carbone, soprattutto se esso è sporco o se non è bene centrato. Partendo dal collegamento simmetrico degli avvolgimenti di campo siamo arrivati ai *filtri antiparassiti* di struttura più complessa. Va ricordato, in proposito, che si possono considerare sufficientemente liberi da radioparassiti gli apparecchi elettrici che presentano ai morsetti una tensione di disturbo non superiore ad 1 mV.

L'*autoradio* richiede tutto un complesso di protezioni antiparassite. Nell'impianto d'accensione bisogna considerare separatamente la parte a bassa e quella ad alta tensione. Abbiamo conosciuto anche il *survoltore*, che converte in corrente alternata la corrente continua della batteria. Tale funzione è però causa di forti disturbi, che richiedono quindi adeguate misure di protezione.

Nei Capitoli sull'*attenuazione* e sul *livello* vi sono state illustrate delle importanti relazioni. Avete appreso così a giudicare, dal punto di vista delle telecomunicazioni, la bontà non solo delle linee, ma anche di intieri collegamenti, comprendenti degli amplificatori. Ricordate che tanto le attenuazioni che le amplificazioni si misurano in *neper*, o in *decibel*, ossia in unità di misura logaritmiche.

Il Capitolo di *Radiotecnica* ha ampliato in modo importante le vostre conoscenze sulle *valvole*. Poichè conoscevate già il principio di funzionamento della supereterodina, vi abbiamo descritto la valvola fondamentale di questo tipo di radioricevitore: la *valvola convertitrice di frequenza*. Vi sono stati spiegati nei particolari costruttivi e nelle modalità di applicazione i principali tipi di convertitrici, rappresentati da *esodi*, *eptodi* ed *ottodi*. Il tipo normalmente usato è l'*esodo* o l'*eptodo con sistema triodico supplementare* per la generazione della frequenza ausiliaria.

Siamo così arrivati finalmente al punto da potervi spiegare il problema del *controllo automatico di volume*.

Le valvole ad amplificazione variabile consentono di regolare il valore dell'amplificazione in dipendenza del valore della tensione d'entrata. Quando questa è forte, la conseguente tensione di controllo produce una diminuzione dell'amplificazione.

Con la descrizione della *telescrivente sistema Creed*, sono state completate le vostre cognizioni in questo campo, ed abbiamo trovato l'occasione di accennare ad alcune particolarità che non si ritrovano nei sistemi Siemens e Lorenz. È bastato così un breve cenno sulla *telescrivente Olivetti*, essendone già noto, nel principio, il funzionamento dei vari organi.

Nell'ultimo Capitolo vi è stato indicato il mezzo di ridurre, negli amplificatori di *BF*, gli effetti sgradevoli della curvatura della caratteristica delle valvole. Si tratta della *controreazione*.

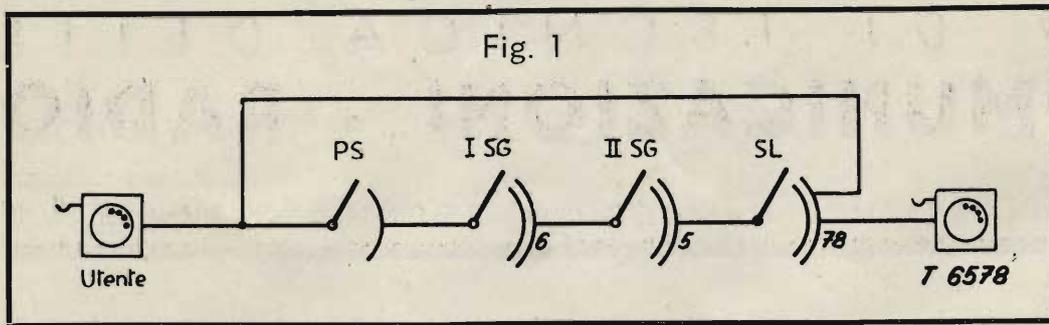
Nella presente Dispensa riuniremo tutti i vari schemi particolari e discuteremo lo schema completo di una *supereterodina*.

TELEFONIA

LA SELEZIONE AUTOMATICA

Nella Dispensa N. 14 abbiamo illustrato il principio funzionale del sistema completamente automatico *Siemens*.

Finchè non ci si perde nei particolari, le cose sono chiare e facili da comprendere. Ripetiamo tuttavia brevemente i punti essenziali della nostra esposizione, affinchè possiate più facilmente prendere dimestichezza con gli altri sistemi.

Nel *sistema Siemens* è assegnato a ciascun utente un *preselettore collocato* in centrale. Questo *preselettore* va automaticamente alla ricerca di un *selettore di gruppo libero*, non appena il suo utente solleva il microfono per attuare una comunicazione.

I *selettori di gruppo* ed il successivo *selettore di linea* sono comandati direttamente dagli impulsi del disco combinatore; si dice perciò che si tratta di un « *sistema diretto* ».

Nella fig. 1 si vede nuovamente in qual modo avvenga la selezione per via *diretta* dell'utente numero 6578.

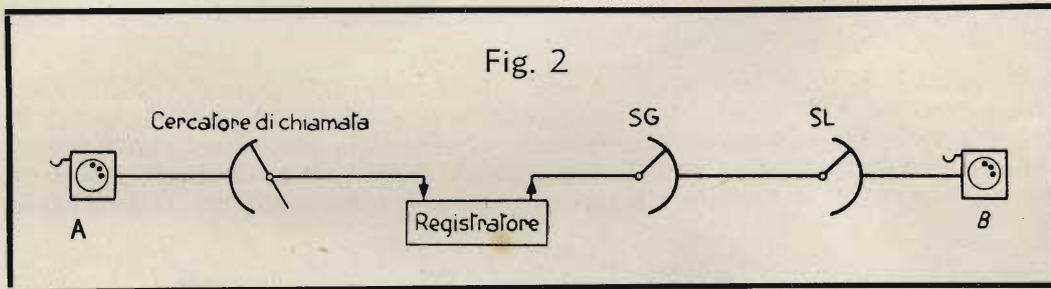
Vi è poi un'altra cosa importante. I selettori lavorano *in maniera decadica*; in altre parole, ogni successivo passaggio corrisponde alla selezione di una cifra, la quale può significare migliaia, centinaia, decine o unità, secondo lo stesso criterio usato per scrivere i numeri. Al termine della selezione, l'utente chiamante è collegato con l'utente chiamato, ed entra in funzione la *suoneria* di quest'ultimo.

Nel caso che il funzionamento, ora brevemente ripetuto, non vi sia più presente, rileggete bene un'altra volta il relativo Capitolo della Dispensa N. 14, poichè il *sistema diretto* è appunto particolarmente adatto per capire il principio della telefonia automatica.

Ci occuperemo ora dei due *sistemi indiretti*, incominciando da quello della Compagnia Telefonica Bell.

IL SISTEMA ROTATIVO BELL

A differenza del *sistema diretto* (fig. 1), nel *sistema rotativo Bell* gli impulsi provenienti dal combinatore sono raccolti da un cosiddetto « *registratore* », dal quale passano poi ai selettori di gruppo e di linea (fig. 2).

Questa particolarità giustifica la denominazione di « *sistema indiretto* ». Nella fig. 2 avrete osservato anche un'altra differenza rispetto al *sistema Siemens*: il *cercatore di chiamata*. Vediamo un po' da vicino questi nuovi elementi.

Il cercatore di chiamata

Nel *sistema Siemens* ad ogni utente è assegnato un proprio *preselettore*. Appena l'utente solleva il microtelefono, ha inizio la rotazione del *preselettore*, che va alla ricerca di un selettore di gruppo disponibile. Col *cercatore di chiamata*, il funzionamento è, in un certo senso, invertito. Non è il *preselettore dell'utente* che inizia la selezione, bensì il *cercatore di chiamata*, che cerca quell'utente che desidera ottenere una comunicazione. Per questo il simbolo del *cercatore di chiamata* (fig. 2) è come quello di un preselettore, ma voltato nell'altro senso. Vediamo un po' più da vicino uno di questi *cercatori di chiamata* (fig. 3). Nella Dispensa N. 13 avete conosciuto le lamine striscianti o *spazzole*. In luogo di tre abbiamo qui *quattro banchi di contatto*, denominati *a*, *b*, *c* e *d*. Il banco *d* serve ad uno scopo interessante.

Quando un utente solleva il ricevitore, viene applicata al corrispondente contatto del banco *d* una tensione verso terra. Nell'istante in cui la *spazzola d* del cercatore arriva al contatto in questione, si eccita un *relè* che fa arrestare il cercatore, il quale ha *trovato* in tal modo l'utente chiamante.

Anche la rotazione del cercatore viene realizzata con un metodo completamente differente. L'*ingranaggio rigido* Z_1 gira continuamente, azionato da un motore elettrico, senza però ingranare con l'*ingranaggio* Z_2. Quest'ultimo, che è *flessibile*, è infatti piegato verso il basso dall'ancoretta dell'elettromagnete.

Quando un utente solleva il ricevitore, un *relè* inserisce il magnete, l'ancoretta viene attratta, l'ingranaggio Z_2 si solleva e va ad ingranare con la ruota Z_1. Pertanto le spazzole si mettono in rotazione, finchè, trovato l'utente chiamante, l'ancoretta si distacca nuovamente e le spazzole si fermano. La ruota Z_1 continua invece a girare.

Questa trasmissione consente di usare *un unico motore* per azionare tutti i cercatori ed i selettori di una sezione di centrale (fig. 4).

È da questo sistema d'azionamento rotativo che proviene la denominazione di « *sistema rotativo* » o « *sistema Rotary* ».

I segnalatori di gruppo e di linea

Nel *sistema Rotary* anche i selettori sono differenti da quelli Siemens. La fig. 5 ve ne mostra schematicamente la struttura. Il *banco di contatti* non è stato disegnato; del resto è molto simile a quello del *sistema Siemens*. Anche qui abbiamo *un solo motore*, che provoca la rotazione dell'*asse A* di molti selettori. Gli *elettromagneti d'innesto* devono essere naturalmente *due*, analogamente ai magneti di sollevamento e di rotazione nei selettori Siemens. Qui si evita di ricorrere al sollevamento, usando un sistema un po' diverso. I tre bracci di contatto (spazzole) del selettore sono ripetuti dieci volte. Le *spazzole* giacciono normalmente in una posizione tale da non toccare le *lamine del banco di contatto*, nemmeno quando l'*asse S* (comune a tutte le spazzole) si mette a ruotare. Occorre infatti che l'*asse TS* (comando spazzole) si disponga nella posizione richiesta, per sganciare una determinata terna di spazzole, mediante uno degli appositi *naselli di comando*.

Solo quando sono sganciate, le spazzole vanno a strisciare sul corrispondente arco di contatti.

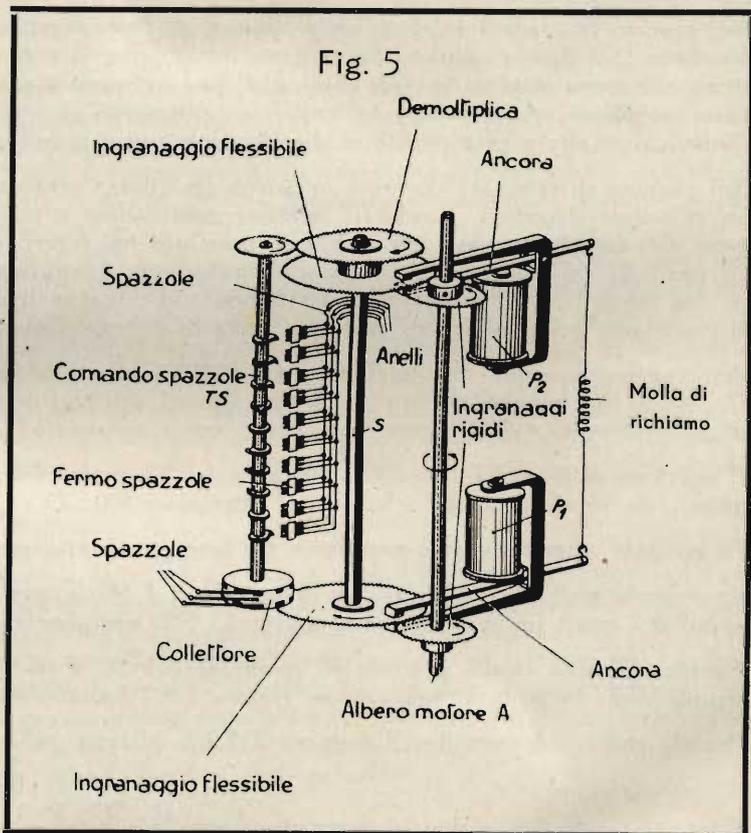
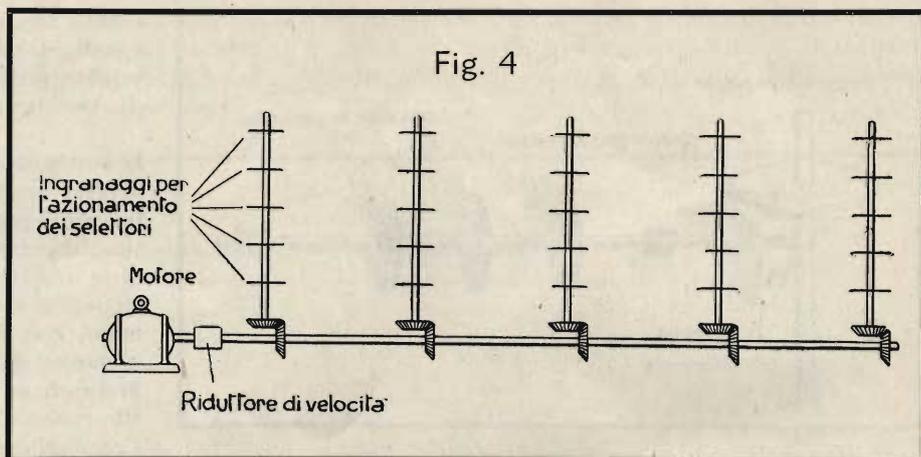
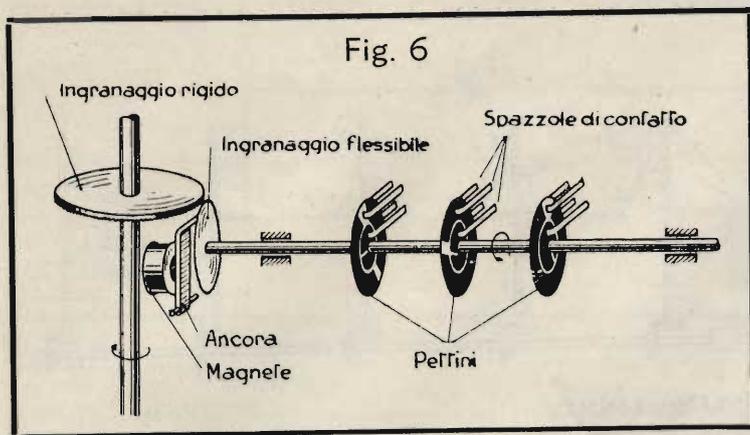
Come vedete, invece di avere un sollevamento, abbiamo qui lo sganciamento della spazzola richiesta.

Un esempio chiarirà meglio come avvenga questa operazione. Supponiamo che il selettore sia utilizzato come *selettore di linea*, con un banco di contatti per 100 utenti, e che si debba scegliere l'utente 57. La prima serie d'impulsi disporrà il *comando spazzole* in una posizione tale, da sganciare la quinta spazzola, portandola a contatto delle lamine del banco. Le altre 9 spazzole sono inattive. L'*asse delle spazzole* ruota ora per 7 passi, cosicchè la quinta spazzola rimane collegata al contatto dell'utente 57. Nell'uso come *selettore di gruppo* si effettua soltanto la selezione del *comando spazzole*. La successiva rotazione delle spazzole avviene come *selezione libera*, ossia prosegue soltanto finchè la spazzola incontra un contatto collegato con un successivo selettore di gruppo, o di linea, libero.

All'estremità inferiore dell'*asse del comando spazzole* c'è un *contatto d'interruzione*, che trasmette ad ogni passo un cosiddetto « *impulso di risposta* ». Torneremo ad occuparci di questo impulso quando vedremo lo svolgimento della selezione ed il funzionamento del registratore.

Il commutatore di successione

Un altro elemento caratteristico del *sistema Rotary* è il *commutatore di successione*. Dalla fig. 6 vedete che anch'esso è azionato per mezzo di un *ingranaggio flessibile*. Sui cosiddetti « *pettini* », di cui qui ne sono rappre-

sentati tre, si trovano dei *lamierini metallici* disposti in varie maniere, i quali, in una determinata posizione, collegano tra loro le *spazzole di contatto*.

Il *commutatore di successione* viene inserito in diversi posti, ove svolge una funzione facilmente comprensibile. Durante la selezione automatica, diverse operazioni si susseguono in un ordine obbligato: *segnale di centrale, combinazione del numero, prova della linea libera, chiamata,* ecc. Ciascuna operazione richiede la *formazione di appositi circuiti,* la quale avviene appunto ad opera del *commutatore rotativo di successione*. Questo assicura, per esempio, che l'eccitazione dei magneti d'accoppiamento avvenga nel modo e nell'istante giusto. Supponiamo che, in una determinata posizione del commutatore, venga eccitato il *magnete* P_2, che serve ad attuare la *rotazione dell'asse di comando delle spazzole*. Al termine della relativa serie d'impulsi, il *commutatore di successione* separa il magnete P_2 e collega il *magnete* P_1, affinchè la prossima serie d'impulsi possa provocare la rotazione dell'asse delle spazzole.

Comunque il *commutatore di successione* è reso indispensabile soltanto dall'adozione del *registratore*, organo particolare del *sistema indiretto*.

Il registratore

Nel *sistema Siemens i selettori di gruppo e di linea* sono comandati direttamente dagli impulsi del *disco combinatore*. Qui invece abbiamo un organo intermedio, il *registratore*. Questo si può considerare come un *dispositivo che immagazzina le serie d'impulsi, per azionare a sua volta i selettori*. Gli impulsi di comando pervengono quindi ai selettori *per via indiretta*, attraverso al *registratore*. Chiederete a ragione a che serva questo giro vizioso, che a prima vista si direbbe non possa significare altro che un aumento di costo dell'impianto.

Nel *sistema diretto*, la *selezione decadica* (migliaia, centinaia, decine, unità) richiede dei selettori basati su un *principio decadico*. Poichè il *selettore tridecadico* a mille posti sarebbe troppo complesso, bisogna limitarsi al *selettore a cento posti*. Non è possibile impiegare delle forme diverse di selettori, per esempio con 25 passi di sollevamento e 20 passi di rotazione. L'applicazione del *registratore* consente senz'altro di usare dei selettori che, possedendo dei banchi di contatto di dimensioni maggiori, presentano notevoli vantaggi. Il confronto dei due sistemi per una centrale urbana dimostra chiaramente i vantaggi del *sistema indiretto*.

Per equipaggiare una rete telefonica con 300 000 utenti occorrono, nel *sistema diretto, selettori di gruppo I, II, III* e *IV*, nonchè *selettori di linea*. Quanti selettori occorrono invece, potendo usare selettori con 25 passi di sollevamento e 20 di rotazione, come sopra accennato?

Il *selettore di linea* ha 25 . 20 = 500 attacchi. La prima selezione di gruppo comprende 25 passi. Aggiungendo quindi un altro stadio di selettori, si ottengono 500 . 25 = 12 500 attacchi.

Un secondo ulteriore stadio raggiunge già la capacità richiesta, perchè 12 500 . 25 = 312 500.

Procedendo nell'altra direzione, vediamo che i *I SG* hanno 25 file di contatti. Ogni fila adduce ai *II SG*, ciascuno dei quali permette di raggiungere 25 *SL*, complessivamente, con 12 500 utenti (25 . 12 500 = 312 500).

Finora abbiamo citato, a titolo di esempio, dei *SG* e *SL* con 25 . 20 = 500 contatti; si tratta di un'ipotesi semplificata. In pratica, nel *sistema Rotary* i *SG* hanno 10 . 30 = 300 ed i *SL* 10 . 20 = 200 attacchi.

Per chiamare, ad esempio, il numero 257 358 bisogna, nel sistema decadico, ottenere le seguenti disposizioni:

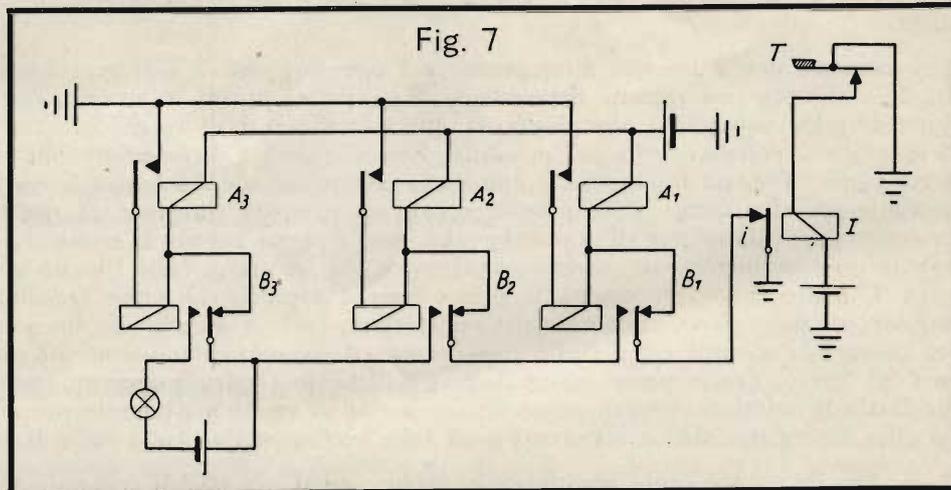
I	*SG*	2ª	decade
II	*SG*	5ª	»
III	*SG*	7ª	»
IV	*SG*	3ª	»
	SL	5ª	» , 8 passi

In un sistema con selettori a 500 posti, gli impulsi dei combinatori vanno invece tramutati nel collegamento delle seguenti file o passi:

I	*SG*	21ª	fila (20 . 12 500 = 250 000)
II	*SG*	15ª	» (14 . 500 = 7 000)
	SL	18ª	» , 17 passi (17 . 20 = 340, 17 passi = 18° posto)

Per realizzare questa disposizione occorre che la serie di cifre decadiche, emesse dal disco combinatore, venga tramutata in una serie corrispondente ai selettori di capacità più elevata. A questo compito provvede il *registratore*, che immagazzina e trasforma gli impulsi, comandando poi i selettori.

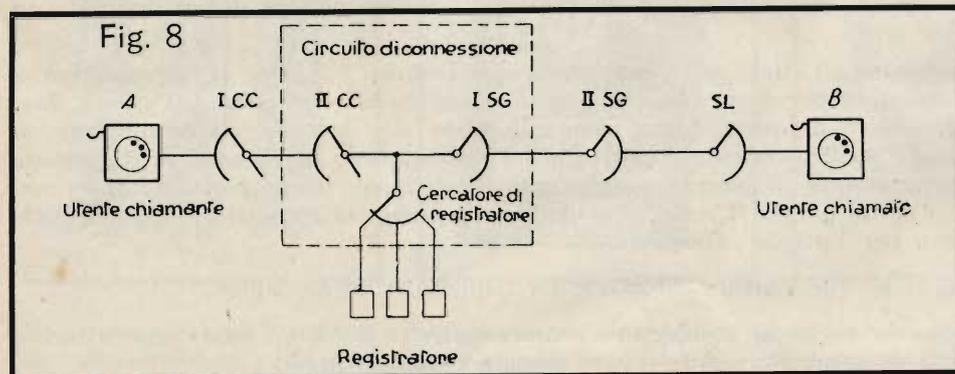
Una questione importantissima è quella della *conservazione degli impulsi*. Nel *sistema diretto* le chiamate che avvengono nei momenti in cui tutti i selettori di gruppo o di linea sono occupati, vanno perdute. Il *registratore* invece conserva i numeri che riceve, fin quando si renda disponibile il selettore di gruppo o di linea occorrente, anche se dovessero trascorrere alcuni secondi.

La struttura del *registratore* è assai interessante. Il *registratore* moderno è costituito essenzialmente da *coppie di relè*. *Il numero dei relè eccitati riproduce il numero degli impulsi ricevuti*. Ogni successivo impulso di una serie provoca l'attrazione di un'ulteriore coppia di relè. In qual modo si possa far ciò ve lo spiegheremo con l'aiuto del semplice schema della fig. 7. Le interruzioni del *tasto T* agiscono sul *relè d'impulsi I*. Il *contatto di riposo i* di questo relè si chiude ogni volta che venga premuto il tasto *T*. Quando il contatto *i* si chiude per la prima volta, si ottiene il seguente circuito: *terra - contatto i - contatto di riposo di* B_1 *- relè* A_1 *- batteria - terra*. Nessun altro circuito è chiuso. L'unico relè che si eccita è quindi A_1, il quale attrae la propria ancoretta, stabilendo così il seguente nuovo circuito: *terra* (a sinistra in alto) *- contatto di* A_1 *- relè* B_1 *- relè* A_1 *- batteria - terra*.

Finchè *i* rimane chiuso, B_1 non si può eccitare, perchè ha entrambi i terminali collegati con la terra. Appena il contatto *i* si apre, il relè B_1 si eccita e provoca la commutazione dei propri contatti. Che c'è ora di cambiato, rispetto alla condizione del dispositivo prima dell'emissione del primo impulso? Attraverso al contatto di B_1, la terra è ora collegata, tramite il contatto *i*, col relè B_2. Ora avrete certamente compreso come continua il giuoco. Il secondo impulso agisce infatti nel seguente circuito: *terra - contatto i - contatto di lavoro del relè* B_1 *- contatto di riposo del relè* B_2 *- relè* A_2 *- batteria - terra*.

Senza disturbare in alcun modo i primi due relè A_1 e B_1, si eccita ora il relè A_2, e si ripete quindi per i relè A_2 e B_2 il medesimo giuoco, attuato prima per A_1 e B_1. Quando il contatto *i* è nuovamente aperto, abbiamo due coppie di relè eccitati e la terza coppia è predisposta per essere eccitata all'impulso successivo. Dopo il terzo impulso, si eccita anche B_3 e viene chiuso il circuito della lampadina. Nello schema della fig. 7 la lampadina si accende quindi soltanto *dopo il terzo impulso*.

Ora siete sicuramente in grado di immaginare come una serie di impulsi faccia funzionare una fila di relè. Le serie successive d'impulsi sono applicate ad altri analoghi dispositivi di coppie di relè. In pratica è possibile, con qualche artifizio, risparmiare qualche relè, tuttavia ciò non cambia nulla nel principio di funzionamento.

La formazione del collegamento telefonico

L'*apparecchio d'utente* è analogo a quello del *sistema Siemens*. La combinazione del numero e l'alimentazione del microfono attraverso la batteria centrale avvengono pure nel medesimo modo. Quando un utente solleva il ricevitore, si mettono in moto i cercatori di chiamata del gruppo al quale questo utente appartiene. Non appena uno dei cercatori ha trovato la linea chiamante, esso si arresta e distacca anche gli altri cercatori, che erano partiti contemporaneamente. È da notare il caso in cui due cercatori arrivino simultaneamente alla medesima linea. Entrambi azionano i propri relè, ma poichè la tensione è sufficiente per due, si diseccitano di nuovo. Allora i relè agiscono per la seconda volta, e così continuano per alcune volte ad attaccare e distaccare. Poichè però non è mai possibile che due relè siano perfettamente uguali, uno dei due finisce per arrivare prima e quindi può azionare i propri contatti e scacciare dal collegamento l'altro cercatore.

Nelle grandi centrali, generalmente, si dispone dopo questo primo cercatore di chiamata, un *secondo cercatore di chiamata*, all'uscita del quale si ha la connessione diretta col primo selettore di gruppo e col cosiddetto « *cercatore di registratore* » (fig. 8). La disposizione di *due cercatori di chiamata in serie* consente di utilizzare dei cercatori più piccoli. I cercatori usati sono, per

la maggior parte, dei *selettori a rotazione con 100 attacchi.*

Il *secondo cercatore* si avvia dunque alla ricerca del primo, come sopra descritto. I *contatti mobili* del *II C C* sono collegati con un *I SG* e con un *cercatore di registratore.* Quest'ultimo è costruito, essenzialmente, come un *preselettore.* Queste parti sono tutte riunite nel cosiddetto « *circuito di connessione* ». Un *commutatore di successione* garantisce che tutte le funzioni di selezione e commutazione avvengano secondo l'ordine prestabilito.

Il *registratore* non è inserito direttamente nel circuito; esso è collegato come è indicato nello schema della fig. 8, e ciò per una ragione determinata. Essendo costituito, come abbiamo visto, da un complicato dispositivo di relè, completato per giunta da due commutatori di successione, si cerca, per ragioni di economia, di sfruttare il *registratore* il più possibile. Esso è quindi a disposizione dell'utente solo durante il breve tempo in cui viene effettuata la chiamata; appena la comunicazione telefonica è realizzata, il *registratore* diventa disponibile per altri utenti. Ecco perchè occorre un apposito *cercatore di registratore,* che vada alla ricerca di un *registratore* libero per effettuare la selezione. Appena trovato il registratore libero, viene inviato all'utente, tramite un *commutatore di successione,* il *segnale di centrale,* ossia l'invito a iniziare la combinazione del numero. L'utente chiamante emette la prima serie d'impulsi, che viene raccolta dal *registratore.* Il *primo commutatore di successione,* contenuto nel registratore, collega quindi alla linea una *seconda serie di relè,* pronta per ricevere la seconda cifra. Nello stesso tempo il *secondo commutatore di successione* fa in modo che, trovato un *I SG* libero, questo possa subire l'azione della prima cifra conservata nel *registratore.* Questa operazione, che inizia la *selezione* propriamente detta, merita di essere considerata più attentamente. Supposto che la prima cifra sia un tre, abbiamo *tre coppie di relè, eccitati* nella prima serie di relè del *registratore.*

Il *selettore di gruppo* è ora accoppiato al motore ed il suo *asse di comando spazzole* si mette in rotazione. Entra in funzione il *collettore* (fig. 5, a sinistra in basso). Ad ogni passo di rotazione dell'*asse di comando spazzole* viene inviato al *registratore* l'*impulso di risposta* di cui s'è detto. Questi impulsi azionano, come prima gli impulsi provenienti dal disco combinatore, ognuno una *coppia di relè.* Ciascun impulso provoca dunque l'attrazione di una nuova coppia di relè. Le *coppie di relè* esistenti sono complessivamente *undici* (con speciali artifici si può anche ridurre il numero di relè, senza per questo cambiare il principio di funzionamento del complesso). Di queste undici coppie in principio ne sono eccitate 3. Gli *impulsi di risposta* provocano quindi l'attrazione delle otto rimanenti coppie. L'ultima fa fermare l'*asse del comando spazzole,* poichè interrompe il circuito del magnete d'azionamento. L'*asse del comando spazzole* compie quindi tanti passi quanti ne corrispondono alla differenza di 11 con la cifra degli impulsi emessa dal disco combinatore. Il *selettore di gruppo,* formato in realtà anch'esso secondo un principio decadico, compie quindi i seguenti passi:

Impulsi del disco combinatore:	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 (= 10 impulsi)
Passi dell'asse comando spazzole:	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1.

Come vedete, tutte le cifre sono trasformate senza possibilità di confusioni, ed è quindi possibile effettuare la selezione nel modo descritto. La rotazione dell'asse delle spazzole avviene invece, nel selettore di gruppo, a corsa libera, e si arresta dopo aver trovato un altro *SG* oppure un *SL* disponibile. I due *commutatori di successione* continuano la loro rotazione; uno controlla la *ricezione degli impulsi,* l'altro comanda la *trasmissione degli impulsi ai selettori.* Il secondo dipende naturalmente dal primo, poichè gli impulsi devono essere ricevuti, prima di poter essere trasformati e ritrasmessi.

Tutti i selettori di gruppo vengono comandati nel modo ora descritto. Quando non è disponibile alcun selettore, il *registratore* conserva gli impulsi di selezione e consente di attendere, finchè un selettore si trovi libero.

Nei *selettori di linea* si presenta invece una novità. Invece di *cento attacchi,* come nel *sistema Siemens, i selettori di linea del sistema Bell ne hanno 200.* Occorre quindi distinguere, nei *selettori di linea,* tra le centinaia pari e quelle dispari, dato che occorre un *SL* soltanto ogni 200 utenti. Anche in questo caso serve il *registratore.* Mediante uno speciale collegamento, alle unità delle centinaia d'ordine dispari si aggiunge una *serie di 10 impulsi di risposta,* cosicchè, per esempio, invece di 10 otteniamo 20, invece di 9, 19, ecc. I numeri appartenenti alle centinaia pari per esempio (... 021, 241, 468, ecc.) non subiscono alcuna modifica. Anche l'*asse delle spazzole* è naturalmente dotato di un *contatto d'interruzione* per l'emissione degli *impulsi di risposta.*

Quando la comunicazione è realizzata, i due *commutatori di successione* hanno compiuto un giro completo e questo è il segnale per la disinserzione del *registratore,* il quale può essere subito messo a disposizione, da un altro *cercatore,* per una nuova selezione.

Il *commutatore di successione* menzionato all'inizio serve *per provare se la linea è libera, per trasmettere il segnale di « libero » all'utente chiamante e per inviare la corrente di chiamata alla suoneria dell'utente chiamato.* Sollevato il ricevitore, il microfono di quest'ultimo viene allacciato alla *batteria d'alimentazione* situata in centrale. Infine una posizione particolarmente importante del *commutatore di successione* è riservata *per la conversazione.* Quando il *commutatore di successione* è passato regolarmente per la *posizione di conversazione,* questa diventa *tassabile* e si eccita quindi il *relè del contatore telefonico,* che registra il *numero delle comunicazioni,* naturalmente soltanto per l'utente *chiamante.*

Infine il collegamento viene sciolto, dopo che l'utente chiamante ha riappeso il microtelefono.

Con ciò avete potuto dare uno sguardo anche al cosiddetto « *sistema indiretto* ». Alcuni nuovi concetti vi sono divenuti familiari e vi interesserà di apprendere dove questo sistema è stato adottato.

Il *sistema rotativo Bell* è usato, per esempio, in Italia nelle reti toscane di *Pisa - Livorno - Grosseto - Siena*; in Isvizzera, nelle reti di *Basilea, Ginevra* e *Zurigo.*

Per quanto riguarda la costituzione ed il collegamento delle centrali, vale naturalmente quanto è stato esposto nella Dispensa N. 14. In Italia il *sistema rotativo Bell* è fabbricato dalla Società F.A.C.E. di Milano.

Domande

1. Da che cosa derivano le designazioni: sistema *diretto* e *indiretto*?
2. Quali tipi di selettori e di cercatori sono usati nel *sistema Rotary*?
3. Quali sono le parti essenziali di un moderno registro?
4. Perchè occorre un cercatore di registratore?
5. Quando viene registrata dal contatore una comunicazione telefonica?

TELEGRAFIA

L'APPARECCHIO RADIOTELESCRIVENTE SISTEMA SIEMENS-HELL

Le *telescriventi* dei sistemi descritti nelle Dispense precedenti sono vere e proprie *macchine da scrivere* a distanza, nelle quali il telegramma compare già scritto in caratteri dattilografici. Sono sistemi che consentono di attuare ottimamente i collegamenti su fili. Se invece si vogliono impiegare questi sistemi per la *telegrafia senza fili*, soprattutto in condizioni più difficili, si devono purtroppo fare sovente delle spiacevoli esperienze.

Supponiamo, per esempio, che trasmettendo la lettera *A*, si presenti un disturbo nel momento in cui viene dato il terzo impulso, cosicchè questo appaia come impulso di *corrente* invece che di *assenza di corrente*; allora invece dell'*A* verrà impressa una *U*. Basta quest'esempio per far comprendere che, con l'alfabeto a cinque impulsi, si manifestano nell'esercizio radiotelegrafico frequenti errori di trasmissione, che costringono a continue richieste di chiarimenti. È quindi necessario, nell'esercizio senza fili, di poter disporre di un sistema che non dia adito, per leggeri disturbi come quello sopraccitato, ad errori così grossolani.

Come vedrete, l'apparecchio *sistema Siemens-Hell* (dal nome dell'inventore Dott. Ing. Hell) soddisfa a questa esigenza dell'esercizio radiotelegrafico.

L'alfabeto e l'esplorazione

Come abbiamo accennato, l'*alfabeto Murray* a cinque impulsi non entra in considerazione e va quindi scartata la possibilità di imprimere i caratteri per mezzo di un *meccanismo a martelletti.* Si impiega invece un *alfabeto costituito da caratteri di stampatello, suddivisi in punti e trasmessi in questa forma.* Ogni *rettangolo* contenente una *lettera* o una *cifra,* con relativo *margine*, è costituito da *7 colonne verticali*, nonchè da *14 linee orizzontali*, che sono però sempre riunite a due a due, dimodochè si parla anche qui di *7 elementi*. La fig. 9 mostra, con l'esempio di alcune lettere e cifre, co-

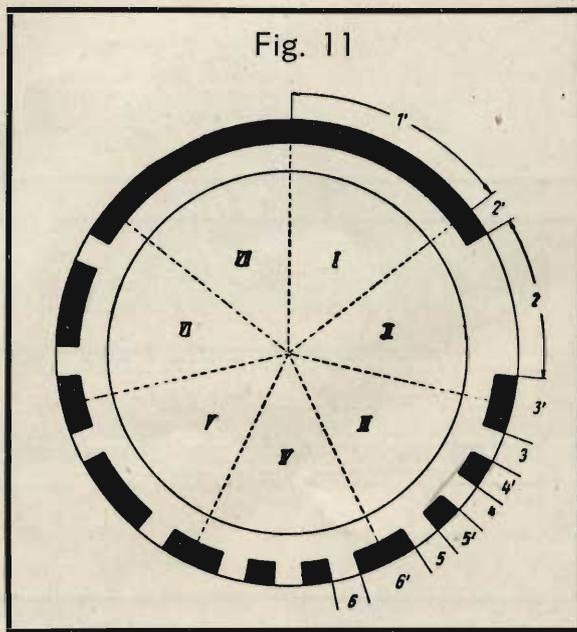
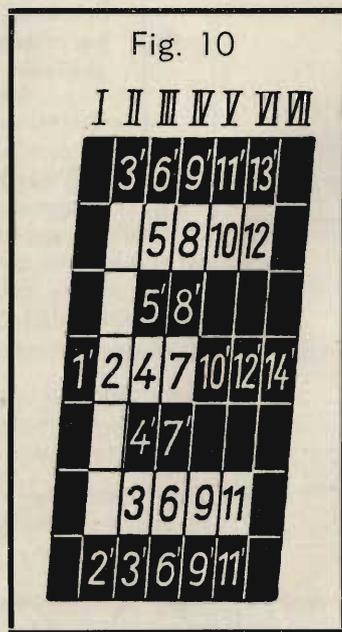
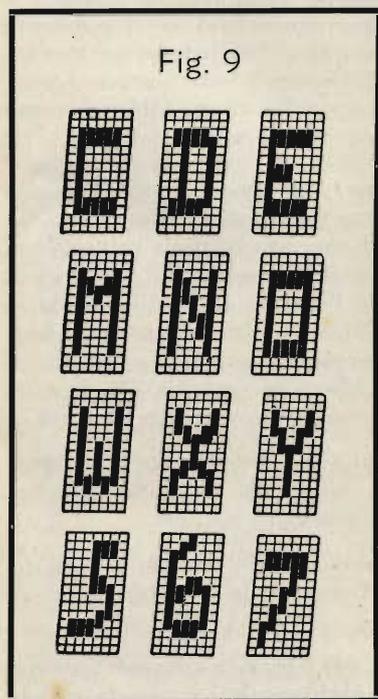



Fig. 9

Fig. 10

Fig. 11

me venga effettuata questa necessaria suddivisione.

Con l'aiuto delle figg. 10 e 11 vi spiegheremo la parte essenziale del trasmettitore. Nella fig. 10, che rappresenta la suddivisione del rettangolo per la lettera *E*, le parti *bianche* significano *impulsi di corrente*, quelle *nere, assenza di corrente*. Si procede quindi al rilievo o *esplorazione* delle sette colonne (I-VII). A questo scopo occorre uno *speciale anello di contatto*, come quello per la lettera *E*, schematicamente rappresentato nella fig. 11. Lungo l'anello striscia una *spazzola* o *molletta di contatto*, che esplora la costituzione dell'anello.

La *parte isolante 1'* riproduce la *linea nera I* (assenza di corrente). La *linea II* incomincia con l'*orlo nero*, che corrisponde sull'anello alla *parte isolante 2'*. Seguono i *cinque elementi verticali* che costituiscono il tratto lungo dell'*E*, ottenuto sull'anello per mezzo del *segmento di metallo 2*. Viene poi, sull'anello, un *tratto isolante 3'*, corrispondente all'*orlo superiore della colonna II* ed *inferiore della colonna III*. Dopo questa spiegazione comprenderete con facilità il rimanente aspetto dell'anello per la lettera *E*, e, secondo la fig. 9, potrete immaginarvi la forma degli anelli per le altre lettere.

Il trasmettitore

I *segmenti conducenti* di ciascun anello di contatto sono *collegati elettricamente tra loro* e formano, riuniti per tutte le lettere e le cifre, un *tamburo di contatto*, visibile nella rappresentazione schematica della fig. 12. Con l'aiuto di questa vedremo come una *lettera*, stabilita mediante pressione di un *tasto*, venga trasformata in *impulsi di corrente*. Intanto osserviamo che la telescrivente *Siemens-Hell*, sia nel *trasmettitore* che nel *ricevitore*, non possiede altro che *parti in rotazione continua*. Il principio dello *start-stop* è stato quindi abbandonato. Vedrete tuttavia come mai non si richieda un sincronismo eccessivamente spinto, tanto che un semplicissimo *regolatore di velocità* è perfettamente sufficiente allo scopo. Ne consegue una *piccola scomodità*, che non è però da sopravalutare. *È necessario infatti che i tasti vengano azionati soltanto quando il tamburo di contatto si trova nella posizione giusta*. Ciò si ottiene per mezzo di un *blocco automatico*, per effetto del quale, premendo un tasto anche per un tempo prolungato a piacimento, si effettua una sola esplorazione del corrispondente anello di contatto. D'altronde la battuta dei tasti richiede anch'essa un certo tempo minimo, cosicchè questo difetto, come abbiamo detto, non è rilevante.

Quando viene premuto il tasto (2) della lettera *E*, come nella fig. 12, l'esplorazione dell'anello di contatto si inizia soltanto nel momento in cui la *camma* (10) solleva il *braccio* (9), spostando l'*arresto* (8) e sbloccando in tal modo il *tirante* (3), che si muove verso il basso per effetto della pressione sul tasto. La *leva di bloccaggio* (4) lascia libera la *spazzola* (1), la quale va così a poggiare sul *tamburo di contatto* (7).

Il *circuito di trasmissione*, che attraversa la *spazzola* ed il *tamburo*, viene chiuso ed aperto nel ritmo prescritto dall'*anello di contatto*.

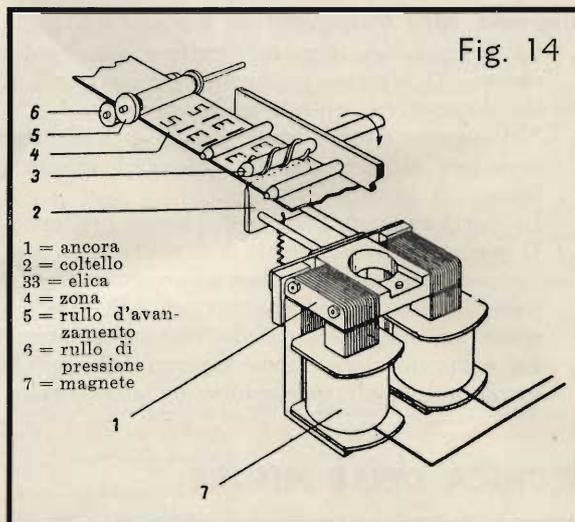
Terminata l'esplorazione, lo spostamento dell'*arresto* (8) provoca il ritorno della *spazzola* nella posizione di riposo.

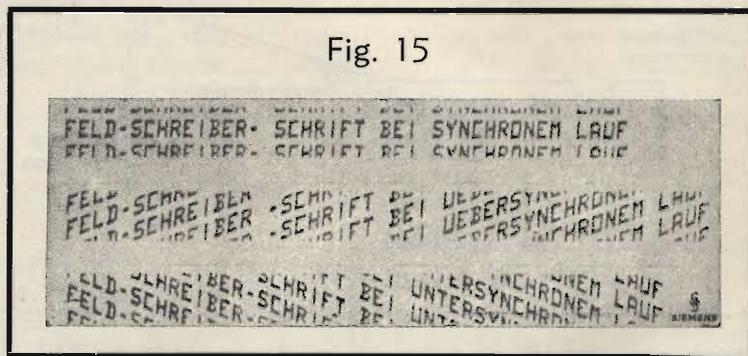
La *leva di bloccaggio* (4) libera la *spazzola* soltanto se si preme il tasto un'altra volta; è evitata così la possibilità di ritrasmettere la medesima lettera involontariamente, più volte di seguito. Nella *linea di telecomunicazione* si ottiene allora un andamento di corrente analogo a quello riportato nella fig. 13 per le lettere *E, K, S* e la cifra *6*. Nel *collegamento senza fili*, che necessita naturalmente di un'onda portante, gli impulsi

di corrente sono sostituiti da *impulsi di onde* emessi nell'etere.

Il ricevitore

Siete forse un po' scettico sulla praticità del sistema Hell, dopo aver conosciuto la costituzione relativamente complessa del *trasmettitore?* Sarete quindi stupito nell'apprendere che la semplicissima fig. 14 racchiude già tutto quanto il *meccanismo di ricezione.* Parrebbe impossibile che questo dispositivo così rudimentale, che presenta una notevole somiglianza col primitivo ricevitore Morse, sia in grado di riprodurre una scrittura pressochè normale. È vero che nel disegno non è rappresentata l'*antenna*, nè l'*amplificatore*, necessari per il collegamento senza fili. Però questi sarebbero indispensabili anche nel caso che si usasse un semplice telegrafo Morse.

Come risulta dalla fig. 14, l'*elettromagnete ricevente* (7) attrae la propria *ancoretta* (1) per effetto dei segnali telegrafici. L'*ancoretta* porta uno speciale *coltello* (2), che va a premere contro la *carta* e l'*elica scrivente* (3). È questo *il segreto principale del sistema Siemens-Hell.* L'*elica scrivente* è una *vite a due principi, a passo lungo, esattamente uguale alla distanza dei due filetti.* L'*elica* è tenuta in rotazione continua e viene inchiostrata da una *striscia di feltro* imbevuta d'inchiostro. Se l'*elica* gira sulla carta ferma, essa traccia una retta che riproduce lo spostamento del punto di contatto tra la carta e l'elica. *Se la carta invece si sposta, si ottengono delle rette inclinate.* Queste rette riproducono le 7 *colonne*, nelle quali viene suddivisa ciascuna lettera. Poichè l'*elica* è *a due filetti*, essa traccia, ad ogni giro, *due linee.* Ne consegue che, per trasmettere una lettera composta di 7 linee, basta che l'*elica* compia *3 giri e mezzo.* È però importante che la fine della prima linea, in alto, coincida esattamente con l'inizio della linea successiva, in basso. Le linee stesse vengono a trovarsi l'una accanto all'altra, cosicchè i *rettangoli* comprendenti le lettere possono essere tracciati per intiero. Poichè non si vuole tracciare delle semplici linee, bensì delle *lettere*, la carta viene premuta contro *l'elica scrivente* soltanto *durante la ricezione degli impulsi di corrente.* Si formano così le lettere, come si vede nella fig. 14, dalla quale risulta pure che *ogni segno viene tracciato due volte.* Voi chiederete giustamente a che scopo serva questo doppio consumo di carta.

Il sincronismo

Per darvene la spiegazione dobbiamo prima chiarire gli *effetti del sincronismo.* Osserviamo la fig. 15. La *prima riga* mostra il caso preferibile del *sincronismo perfetto*, che dà origine a una *scrittura diritta.* Nello stesso tempo vedete l'importanza della *scrittura doppia*, occorrente per garantire l'esistenza di una riga sempre leggibile. Riassumendo notiamo che il *sincronismo* nelle *telescriventi Siemens-Hell* esige che il *tamburo di contatto del trasmettitore* e l'*elica scrivente del ricevitore* ruotino *nel giusto rapporto di velocità di 1:3,5. Le due righe successive della fig. 15* mostrano gli effetti della *non corrispondenza al sincronismo.* Nel secondo caso l'*elica scrivente* gira *troppo presto.* Normalmente *la scrittura avviene dal basso a sinistra verso l'alto a destra; la scrittura diritta si forma quando l'ancoretta è attratta, per effetto degli impulsi di corrente, nel momento giusto.*

Se invece l'*elica* gira *troppo velocemente*, essa tende a *spostare la scrittura verso l'alto.* Il *caso opposto* è rappresentato invece nell'*ultima riga.* L'importante è però il fatto che, malgrado le forti differenze di sincronismo, *la scrittura rimane sempre facilmente decifrabile.* Inoltre *l'inclinazione dello scritto indica chiaramente in quale modo si debba modificare la velocità per ottenere il sincronismo perfetto.*

In questo sistema *la ricezione e la scrittura avvengono contemporaneamente*, per la qual cosa la nostra descrizione del funzionamento è già terminata.

Dato che questo sistema procede alla trasmissione per punti di segni grafici suddivisi a forma di mosaico, abbiamo qualcosa di simile alla *trasmissione telegrafica delle immagini.* Il sistema è chiamato perciò anche « *telegrafo a facsimile* ». La *velocità* di trasmissione ottenibile, pari a *2 1/2 segnali al secondo*, non è molto elevata; tuttavia la *telescrivente Siemens-Hell*, per i molti vantaggi che presenta, si è dimostrata assai utile in pratica.

Vi abbiamo presentato così un apparecchio telescrivente che consente la trasmissione sicura anche per via radio e costituisce, nello stesso tempo, come abbiamo visto, il primo passo verso la *trasmissione delle immagini.*

Domande

1. In che modo viene suddiviso il rettangolo contenente una lettera, per la trasmissione con l'apparecchio Siemens-Hell?
2. Quali parti compongono il ricevitore dell'apparecchio Siemens-Hell?
3. Quale rapporto di velocità devono avere il tamburo di contatto e l'elica scrivente?

Risposte alle domande di pag. 7

1. La designazione *diretto* significa che i selettori sono azionati direttamente dagli impulsi del disco combinatore. Il *sistema indiretto* immagazzina gli impulsi nel registratore e comanda i selettori attraverso questo dispositivo, quindi indirettamente.
2. Nel *sistema Rotary* occorrono, per l'effettuazione di un collegamento, uno o due cercatori di chiamata, un cercatore di registratore, parecchi selettori di gruppo, secondo l'estensione della centrale, nonchè un selettore di linea.
3. Le parti essenziali del registratore moderno sono 11 coppie di relè e due commutatori di successione.
4. Il cercatore di registratore è necessario per assicurare un adeguato sfruttamento del registratore stesso, che è un dispositivo complesso o costoso. Non occorre che ogni *I SG* abbia a propria disposizione un registratore; il numero dei registratori può essere anche inferiore a quello dei *I SG*. Il *I SG* è occupato anche durante lo svolgimento della comunicazione; il registratore invece soltanto durante la selezione.
5. La comunicazione viene segnata nel contatore, dopo che l'utente chiamato ha sollevato il ricevitore ed il commutatore di successione ha attraversato la posizione di *conversazione.*

TECNICA DELLE MISURE

VALVOLE TERMOIONICHE

Siete forse sorpreso di incontrare il titolo *Valvole* in un Capitolo concernente la *tecnica delle misure*. Eppure la specie di valvole che esamineremo ora viene usata soprattutto *per scopi di misura.*

Il tubo a raggi catodici

I fenomeni che hanno luogo nell'interno di un tubo elettronico vi sono ormai ben noti. Attorno al catodo incandescente si forma una nuvola di elettroni. Quando si collega l'anodo al polo positivo di una batteria ed il catodo al polo negativo, gli elettroni vengono attratti dall'anodo positivo. Nell'interno del bulbo, che viene evacuato, si forma un flusso di elettroni.

1. Il principio

Costruiremo ora un tubo elettronico un po' differente. Nella fig. 16 vedete un lungo corpo di vetro, nel quale sono contenuti, a sinistra, *filamento, catodo* ed *anodo.*

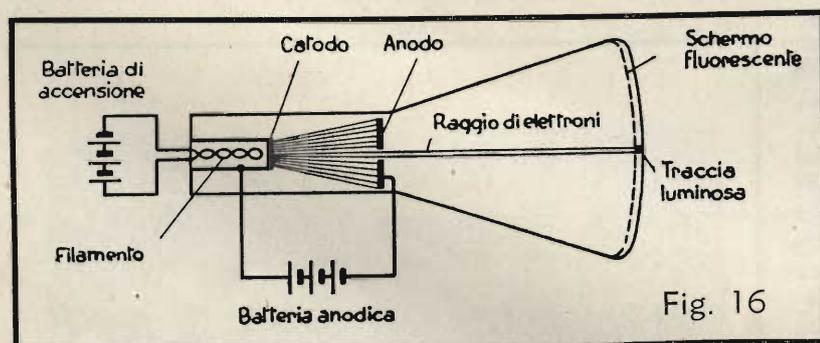



Fig. 16

Anche in questo caso il catodo è riscaldato. Applicando la batteria anodica, si forma un flusso di elettroni diretto dal catodo verso l'anodo. Quest'*anodo* però, come vedete dalla figura, possiede un'*apertura centrale*, attraverso alla quale gli elettroni proseguono nel loro volo, formando un *raggio*, che va a proiettarsi sul fondo del bulbo di vetro. Questo è ricoperto da uno *strato fosforescente*, che possiede la proprietà di emettere raggi luminosi visibili quando è colpito dagli invisibili raggi di elettroni. Sul cosiddetto « *schermo fluorescente* » o « *schermo luminoso* », nel punto colpito dal raggio elettronico (detto anche « *raggio catodico* »), si forma pertanto una chiazza luminosa. Veniamo ora allo scopo del dispositivo. Come sapete, gli elettroni sono attratti da un polo positivo e respinti da un polo negativo. Se inseriamo due poli in vicinanza del raggio elettronico, tali da formare un *condensatore*, il raggio verrà deviato dalla propria direzione primitiva (fig. 17). Esso non colpirà quindi lo schermo nel punto LF_1, bensì in LF_2; la tensione delle *placche P* ha provocato quindi una deviazione indicata dalla distanza *a*. L'entità della deviazione dipende naturalmente dal valore della tensione applicata tra le due placche. In altre parole: *la deviazione è una misura della tensione agente tra le placche.* Vediamo dunque che con questa speciale

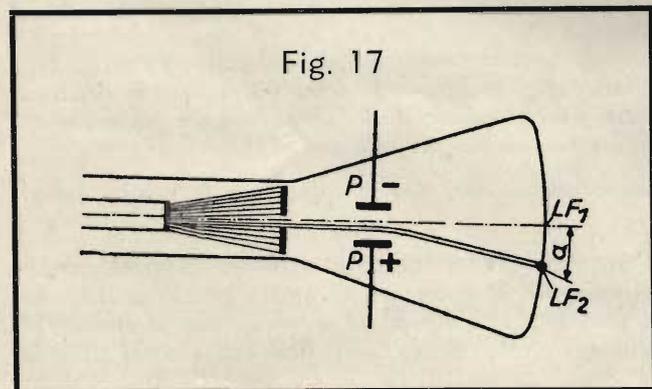



Fig. 17

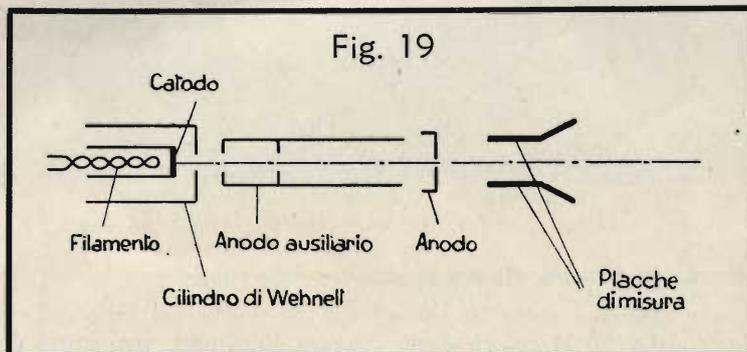
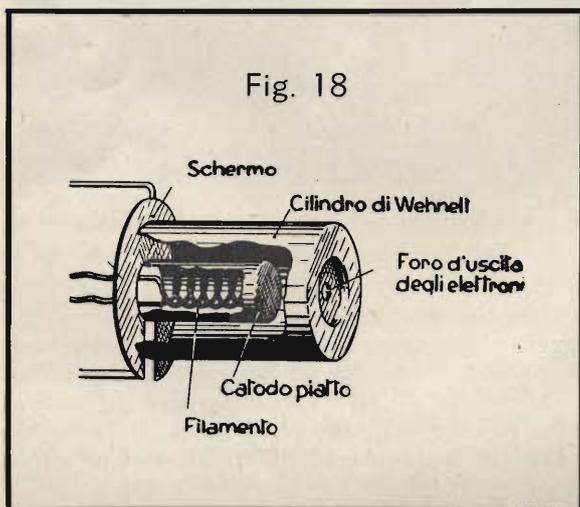
valvola noi possiamo eseguire delle misure. Con ciò abbiamo già espresso il principio del *tubo a raggi catodici*. Il nome di questo tubo è facilmente comprensibile; esso è anche chiamato sovente, in onore del suo primo costruttore, « *tubo di Braun* ».

In realtà il *tubo a raggi catodici* non corrisponde esattamente alla precedente descrizione, che ha valore puramente teorico. Tratteremo quindi, una dopo l'altra, le varie particolarità di questa valvola.

Come avete già visto dalla fig. 16, il *catodo* del *tubo a raggi catodici* ha forma un po' differente da quella che si ha in altre valvole.

Lo *strato attivo* è applicato su un *disco piatto*, mentre il riscaldamento avviene per mezzo di una *spirale doppia*. Si ottiene così lo scopo di far uscire dal disco piatto del catodo un raggio di elettroni perpendicolare, in modo da proiettarlo nel sistema convergente che ne provoca la concentrazione in un fascio ristretto.

2. La messa a fuoco

In qualsiasi valvola, la funzione della *griglia* consiste nel *regolare il numero degli elettroni emessi*; anche nel *tubo a raggi catodici* è stato previsto uno speciale *elettrodo*, caricato negativamente e destinato al medesimo

fine. Esso è situato immediatamente dopo il catodo. Questo *elettrodo* è denominato « *cilindro di Wehnelt* », a causa della sua forma e in onore del suo inventore. Come vedete dalla fig. 18, questo cilindro racchiude il *catodo* e presenta soltanto una *piccola apertura circolare in alto.*

Seguono poi, come in qualsiasi valvola, degli elettrodi allacciati a una tensione positiva. Come vedete dalla figura 19, c'è dapprima un *lungo elettrodo cilindrico*, aperto da entrambi i lati, il cosiddetto « anodo ausiliario ». Infine c'è una *cappa piatta con un foro al centro*, costituente l'*anodo* vero e proprio.

La disposizione di questi due elettrodi e la possibilità di regolare la tensione positiva dell'*anodo ausiliario* consentono di produrre un *raggio elettronico di diametro variabile*. Il valore della tensione applicata dipende dalle dimensioni del tubo e passa da circa 500 V, nei piccoli sistemi, ad alcune migliaia di volt, nei grossi tubi.

Abbiamo così a nostra disposizione un sottile raggio di elettroni, che può essere deviato e utilizzato per l'esecuzione di misure.

3. Le placche di misura

Le cosiddette « *placche di misura* » servono, come abbiamo detto, a provocare la deviazione del raggio. Il sistema rappresentato nella fig. 20 è previsto per una *doppia deviazione elettrica*. Le *coppie di placche* M_1, M_2 e Z_1, Z_2 sono disposte perpendicolarmente l'una all'altra. *Il raggio di elettroni vien fatto passare in mezzo alle placche e subisce una deviazione perpendicolare al piano di ciascuna coppia di placche, in relazione alla tensione applicata tra le placche stesse.* Quando nessuna tensione è applicata alle placche di misura, il raggio passa diritto in mezzo ad esse; quando invece si applica una tensione alle *placche inferiori*, il raggio viene *deviato verso destra o verso sinistra*; se infine la tensione è applicata alle *placche superiori*, si ottiene una *deviazione in avanti o indietro*. Applicando delle tensioni adatte, si può spostare il raggio elettronico su tutta la superficie dello schermo del tubo catodico. Nella fig. 21 è visibile l'aspetto esterno di un *tubo a raggi catodici*; si scorge pure lo *schermo fluorescente*. Nel collo del tubo si trovano i *sistemi per la messa a fuoco e la deviazione*. Più avanti il tubo si espande a forma di cono, per terminare con uno schermo di superficie sufficientemente estesa.

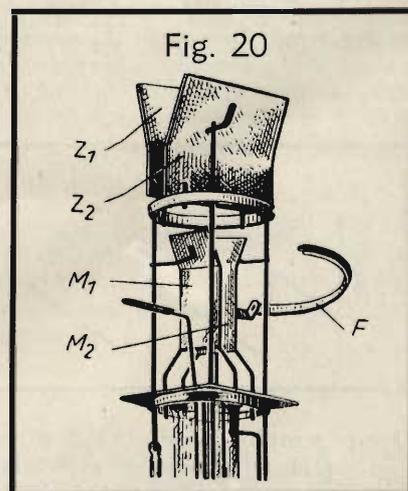
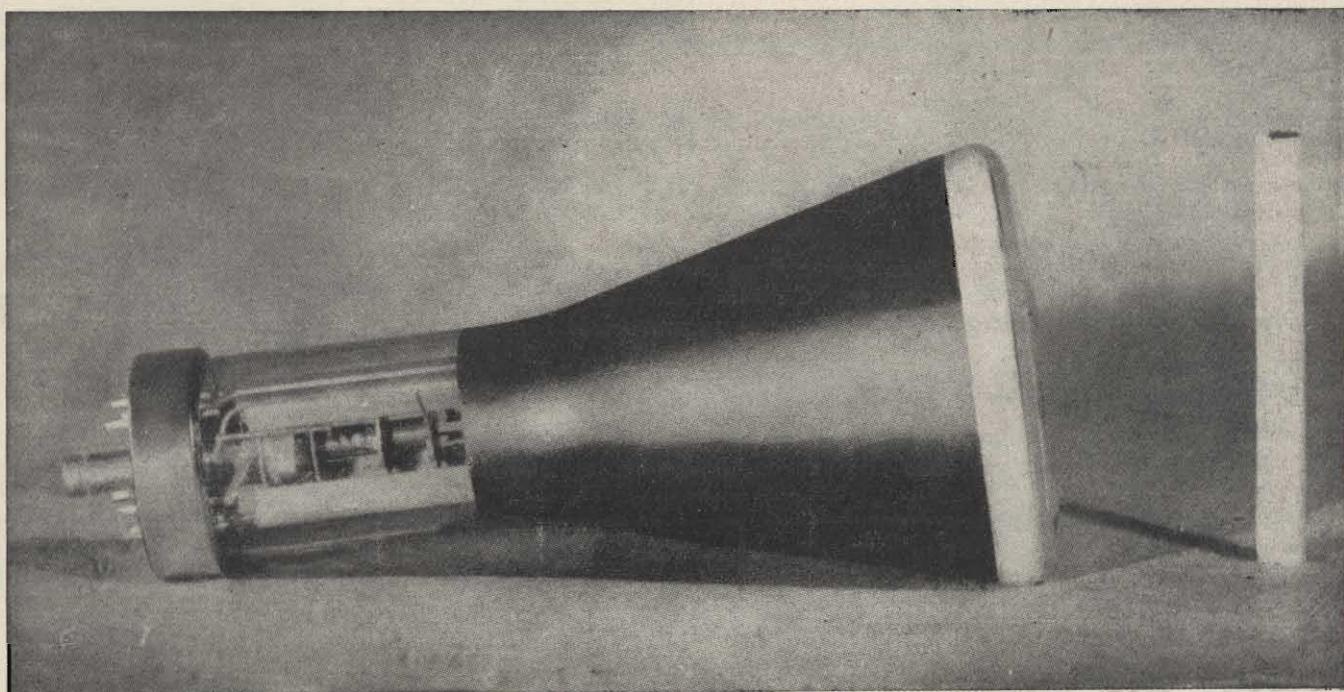



Fig. 21

4. Lo schermo fluorescente

Come abbiamo detto in precedenza, il fondo del bulbo di vetro viene ricoperto di uno strato fluorescente. La *luminosità* ed il *colore* della chiazza luminosa, provocata dal raggio elettronico, dipendono naturalmente dalla *qualità del materiale fluorescente* impiegato. Unendo dei componenti adeguati si ottiene oggi *qualsiasi colore*. Così, per esempio, il *solfuro di zinco* produce una colorazione *da gialla a verde*, mentre col *wolframato di calcio* si ottiene una *tinta azzurra*. Quando alcuni elettroni cadono sul sulfuro di zinco, si forma un punto fluorescente di una luce verde, a condizione naturalmente che gli elettroni cadano in successione continua sul medesimo punto, come le gocce di un getto d'acqua.

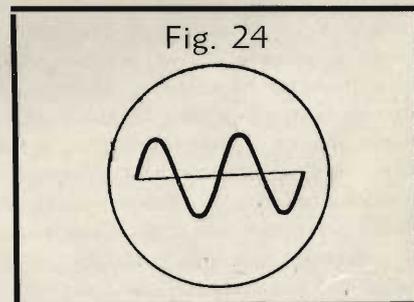
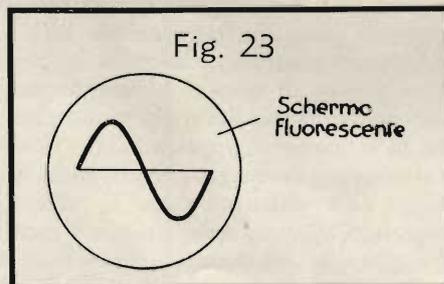
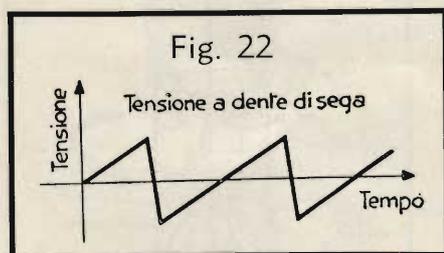
5. L'effettuazione delle misure col tubo a raggi catodici

Com sapete, con l'aiuto delle *placche di misura* è possibile misurare, per esempio, una *tensione continua*. A questo proposito è di particolare importanza il fatto che *la deviazione del punto luminoso è direttamente proporzionale alla tensione applicata alle placche.* Il punto luminoso, che in assenza di tensione cade nel centro dello schermo, si sposta verso un lato. *Lo spostamento può essere indicato direttamente in volt*, sapendo che il tubo a raggi catodici dato possiede una sensibilità, per esempio, di 0,5 $\frac{\text{mm}}{\text{volt}}$. Una *tensione* di *10 volt* provocherebbe allora uno spostamento di 10 . 0,5 = mm 5.

La cosa diventa più interessante, quando la *tensione* applicata ad una coppia di placche è *alternata*. È chiaro che il punto luminoso effettuerà ora un movimento corrispondente alla tensione applicata. Considerando una delle piastre, vediamo che essa ora è positiva ed attrae a sè il raggio di elettroni, ora è negativa e lo respinge. *Il punto luminoso si sposta quindi avanti e indietro sullo schermo, con una velocità corrispondente alla frequenza della tensione alternata.* In realtà sullo schermo si vede un *tratto luminoso*, poichè la fluorescenza non si spegne immediatamente, ma permane ancora per breve tempo; del resto, l'occhio stesso sarebbe troppo lento per poter discernere il movimento del punto luminoso. *La lunghezza del tratto luminoso dipende dall'ampiezza della tensione alternata applicata.* Poichè ciascuna placca è ora positiva, ora negativa, l'*ampiezza risulta doppia*. Il tratto è quindi di *doppia lunghezza*, circostanza questa che facilita la lettura.

Fig. 22

Fig. 23

Fig. 24

Queste semplici possibilità di misura non sarebbero però state sufficienti per far conquistare al *tubo a raggi catodici* il posto importantissimo che occupa. Non ci siamo occupati finora del *secondo paio di placche di de-*

viazione. Se a queste placche applichiamo una tensione adatta, possiamo allargare trasversalmente il *tratto* della *tensione alternata*. Per scopi sperimentali si applica di solito al *secondo paio di placche* una *tensione a dente di sega* (fig. 22). Una tensione di questo genere, applicata alla seconda coppia di placche, contemporaneamente ad una *normale tensione alternata* sulla *prima coppia di placche*, fa apparire sullo schermo una *curva sinusoidale*, come risulta dalla fig. 23.

Affinchè il raggio di elettroni in continuo rapidissimo movimento possa tracciare una *figura immobile*, è necessario che esso percorra sempre la medesima traiettoria. A questo scopo bisogna non solo che l'*ampiezza della tensione alternata e di quella a dente di sega siano costanti*, ma anche che la *relazione di fase* tra loro non subisca spostamenti. Inoltre è importante che la *tensione a dente di sega* oscilli *nel ritmo di frequenza della tensione alternata*, o almeno di una data frazione della stessa. Se la frequenza della *tensione alternata* e, per esempio, uguale a *600 Hz*, mentre la *tensione a dente di sega* compie *300 escursioni al secondo*, compariranno sullo schermo *due periodi della sinusoide* (fig. 24). Se invece la *tensione a dente di sega* percorre 200 periodi al secondo (anche per essa si parla di « *periodi* ») e possiede quindi una frequenza di *200 Hz*, si vedranno *3 intiere oscillazioni sinusoidali*.

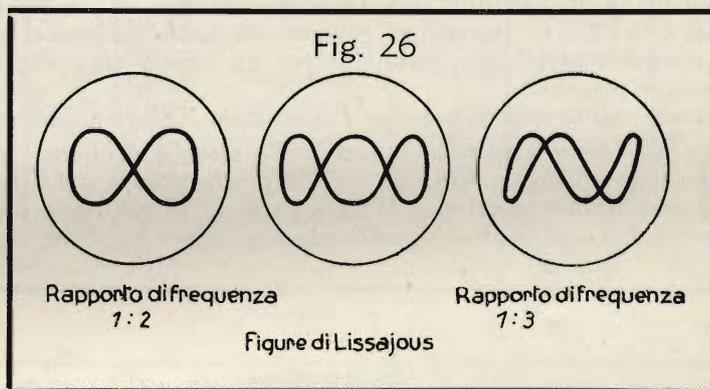
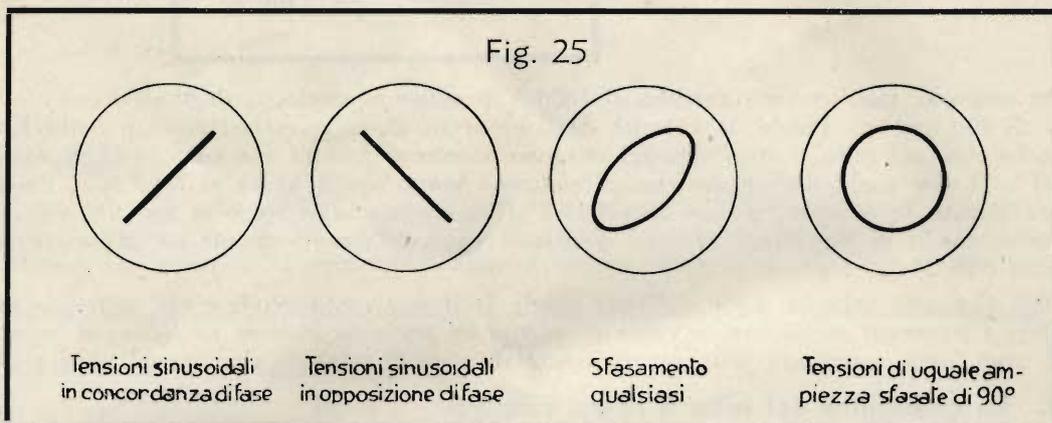
Comprenderete facilmente che questa rappresentazione di fenomeni oscillatori, resi visibili su di uno schermo, è di straordinaria importanza negli studi e negli esperimenti. Diventa facile riconoscere le deformazioni delle correnti alternate, che non seguono rigorosamente la legge sinusoidale; per esempio è possibile far comparire sullo schermo l'andamento della tensione che si preleva dopo un *convertitore a vibrazione*; essa si presenta con la forma rappresentata nella fig. 29 della Dispensa precedente. Senza dubbio avete anche pensato che si dovrebbe poter rendere visibile, sullo schermo di un tubo a raggi catodici, la deformazione della curva sinusoidale risultante negli *amplificatori* per effetto della *curvatura della caratteristica della valvola*. Ciò è effettivamente possibile e ci procura il mezzo di compiere delle indagini rigorose e di eliminare gli eventuali difetti riscontrati.

Il tubo a raggi catodici, che, dotato di un dispositivo adatto per la generazione della *tensione a dente di sega*, costituisce il cosiddetto « *oscilloscopio* », permette pure di eseguire altre interessanti indagini. Quando si applica ad entrambe le coppie di *placche di deviazione* una *tensione alternata*, compare sullo schermo una figura che, a seconda del reciproco sfasamento tra le due tensioni, può essere un *tratto rettilineo obliquo*, un'*elisse*, oppure, nel caso speciale che entrambe le tensioni presentino la medesima ampiezza e siano sfasate esattamente di 90°, un *cerchio*. Queste differenti possibilità sono indicate nella fig. 25, ove è indicato pure lo sfasamento.

Se invece si applicano alle *placche di deviazione* due tensioni sinusoidali, le cui frequenze siano fra di loro in un rapporto corrispondente ad un numero intero, si presentano delle strane curve intrecciate, come quelle mostrate nella fig. 26, le cosiddette « *figure di Lissajous* ».

La particolare forma di queste figure consente di determinare direttamente il *rapporto di frequenza* e di misurare così una frequenza incognita. Se invece il rapporto delle frequenze non corrisponde esattamente ad un numero intero, le curve intrecciate si spostano sullo schermo e allora si comprende che la relazione di frequenza desiderata non è stata ancora ottenuta. Con questo sistema oggi si controllano e si sorvegliano spesso le frequenze delle radiotrasmittenti.

6. Il campo di frequenza

Vi interesserà sicuramente di apprendere fino a quali frequenze si può usare il *tubo a raggi catodici*. A questo riguardo dobbiamo precisare quali sono le velocità degli elettroni. I tubi a raggi catodici oggi usati sono tutti

a vuoto spinto, poichè nei *tubi con riempimento di gas* le frequenze d'utilizzazione sono limitate a circa 1000 Hz. Nel vuoto la velocità degli elettroni dipende dal valore della tensione anodica applicata. Nel campo che interessa per l'applicazione dei tubi a raggi catodici, vale la seguente dipendenza della *velocità v* degli elettroni dalla tensione anodica V_a:

$$v = 595 \cdot \sqrt{V_a} \quad \left[\frac{\text{km}}{\text{sec}}\right] \qquad \text{Formula (66)}$$

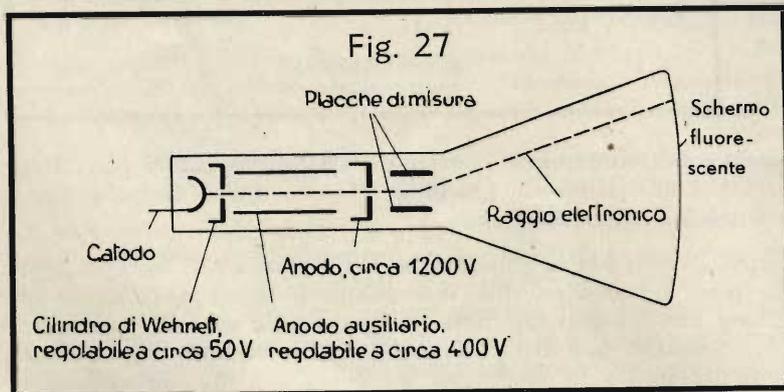
Per esempio, una tensione anodica di 1600 V produce una velocità degli elettroni $v = 595 \cdot \sqrt{1600} = 595 \cdot 40 = 23\,800$ km/sec. Poichè la velocità degli elettroni dipende esclusivamente dalla tensione applicata, si dice anche che, nel tubo, *i raggi catodici vengono accelerati fino ad una velocità corrispondente a 1600 elettron-volt* (*eV*). Si dice anche addirittura che *gli elettroni hanno una velocità di 1600 volt*. Poichè generalmente coi volt si misurano le *tensioni*, mentre le velocità si esprimono in m/sec o in km/sec, voi sapete ora il significato di questo modo di dire; *nell'esempio riportato*, equivale semplicemente ad affermare che *la velocità degli elettroni è di 23 800 km/sec.*

Data l'enorme velocità degli elettroni potete facilmente comprendere che *il raggio catodico è in grado di seguire i fenomeni oscillatori fino alla frequenza di parecchi milioni di hertz*; il velocissimo raggio catodico è di gran lunga superiore, sotto questo punto di vista, a tutti gli altri metodi di registrazione o di indicazione.

7. La sensibilità del tubo a raggi catodici

Vi daremo ora alcuni schiarimenti sui fattori dai quali dipende la *sensibilità dei tubi catodici*. Vi diremo quindi qual è la tensione occorrente per provocare una deviazione, per esempio, di 1 cm. Ciò vi servirà per comprendere meglio la struttura dei tubi ed il loro aspetto particolare. Per queste spiegazioni ci baseremo sul disegno schematico di un tubo con una sola coppia di placche di misura (fig. 27). A sinistra si vedono gli *elettrodi* necessari per la formazione del raggio catodico; accanto ad essi sono indicate le *tensioni* approssimative d'esercizio. L'effetto di questa parte del tubo sulla sensibilità deriva esclusivamente dalla dipendenza della velocità degli elettroni dalla tensione anodica. Il raggio, dapprima rettilineo, dev'essere deviato, come risulta dalla fig. 27. La deviazione è tanto più facile da ottenere, quanto meno veloce è il volo degli elettroni, i quali rimangono in tal caso sottoposti per un tempo maggiore all'azione della *tensione di misura*, mentre attraversano le placche.

La sensibilità diminuisce con l'aumentare della tensione anodica.

È poi evidente che le *dimensioni* delle placche debbano esercitare un forte effetto sulla sensibilità. Più le *placche* sono *lunghe* e *vicine* tra loro, e più forte sarà naturalmente la loro azione sugli elettroni; di conseguenza la *sensibilità* è *maggiore*. D'altra parte le placche non possono essere troppo lunghe e vicine, poichè altrimenti il raggio cadrebbe sulle placche, senza raggiungere lo schermo.

Dalla fig. 27 si comprendono poi le altre relazioni. Il raggio catodico viene incurvato mentre passa tra le placche; non appena le ha abbandonate, la traiettoria degli elettroni procede rettilinea nella direzione assunta per ultimo. *Quanto maggiore è la distanza delle placche dallo schermo, tanto più distante dal centro viene a trovarsi il punto ove il raggio colpisce lo schermo. Se la distanza dello schermo dalle placche fosse ridotta a metà, anche la deviazione si ridurrebbe a metà.*

Comprenderete pertanto come la disposizione delle placche rappresentata nella fig. 20 sia molto conveniente e come sia necessario che la parte conica del tubo, compresa tra le placche e lo schermo, sia tanto lunga. Naturalmente, come abbiamo già detto, la deviazione del punto luminoso sullo schermo dipende anche dalla tensione applicata alle placche di deviazione.

Per terminare vi diremo che il *tubo a raggi catodici* non rappresenta soltanto un *importante strumento di misura*, ma ha trovato da qualche tempo un'applicazione decisiva nella *televisione*, come *tubo per la riproduzione delle immagini*. Sarete certamente ansioso di conoscere, nel seguito del Corso, in che modo venga usato il tubo a raggi catodici nella *televisione*.

Domande

1. Come si chiama la griglia negativa del tubo a raggi catodici?
2. Quali sono gli elettrodi che consentono di mettere a fuoco il raggio elettronico?
3. A che serve la tensione a dente di sega?
4. In che modo si esprime la sensibilità dei tubi a raggi catodici?
5. Che figura si forma sullo schermo di un tubo catodico, quando si collega a entrambe le coppie di placche una tensione alternata sinusoidale, di uguale frequenza e in concordanza di fase?

Risposte alle domande di pag. 10

1. Il rettangolo costituente una lettera viene suddiviso in 7 linee verticali, ciascuna delle quali è costituita da 7 righe doppie orizzontali.
2. Il ricevitore della telescrivente Siemens-Hell è costituito dall'elettromagnete ricevente con la relativa ancoretta, il coltello e l'elica scrivente.
3. Le velocità di rotazione del rullo di contatto e dell'elica scrivente stanno tra loro come 1 : 3,5.

RADIOTECNICA

VALVOLE TERMOIONICHE

La Valvola indicatrice di sintonia

Avendovi descritto il funzionamento del *tubo a raggi catodici*, possiamo spiegarvi facilmente anche la *valvola indicatrici di sintonia*. Tutti i migliori apparecchi sono dotati di questo cosiddetto « *occhio magico* », i cui settori luminescenti permettono di constatare visualmente se l'apparecchio ricevente si trova in perfetta sintonia.

Il fatto stesso, che anche qui ci sia uno schermo che viene reso fluorescente quando è colpito dagli elettroni, dimostra l'affinità dell'*indicatore di sintonia* con il *tubo a raggi catodici*. Avendo già discusso i principi fondamentali di funzionamento, conviene che esaminiamo addirittura la struttura di un determinato tipo di valvola. Scegliamo, tra i vari tipi, la EM 11, che viene usata esclusivamente come *valvola indicatrice di sintonia* e non è dotata, come avviene in molti casi, di un sistema amplificatore contenuto nel medesimo bulbo.

La fig. 28 mostra l'assieme delle singole parti contenute nel bulbo di vetro, quindi i singoli elettrodi e infine lo schema. Quest'ultimo ci interessa in modo particolare, poichè consente di spiegare il funzionamento con maggior facilità. Abbiamo di nuovo un *catodo a riscaldamento indiretto*, come nella maggior parte delle normali valvole radio. (La lettera *E* nella sigla ci dice che occorre una tensione d'accensione di 6,3 V). Dopo il catodo c'è qualcosa di strano: una *griglia collegata col catodo*, come la griglia di soppressione. Eppure qui non si possono sviluppare degli elettroni secondari, poichè anche la *griglia-pilota* (*G* 1) ha una *tensione negativa*. Lo scopo di questa cosiddetta « *griglia indicatrice* », collegata col catodo, consiste nel *limitare la corrente*; l'effetto è analogo a quello del *Cilindro di Wehnelt* nel tubo a raggi catodici.

L'intensità di corrente rimane, in tal modo, limitata a valori inferiori a 0,25 mA, circostanza questa che, naturalmente, aumenta in modo enorme la durata della valvola.

Vediamo ora gli effetti che si ottengono, quando la tensione di comando della valvola varia. La EM 11 è un'*indicatrice a settore doppio*. Ciò significa che, come si vede nella fig. 29, si ottengono *due coppie di angoli luminosi*; tale disposizione consente di attuare con maggior facilità la sintonia, tanto per le stazioni forti che per quelle deboli.

Qui non abbiamo dunque un raggio messo a fuo-

co, cioè condensato in modo da lasciare soltanto una traccia puntiforme sullo schermo, raggio che può essere deviato più o meno fortemente; abbiamo invece dei *settori angolari fluorescenti*, più o meno ampi, *secondo l'intensità dell'onda raccolta*. La fig. 29 vi fa anche comprendere che cosa sia *l'angolo d'ombra*. Quest'ombra diventa tanto più larga, quanto più bassa è la tensione delle relative stecche.

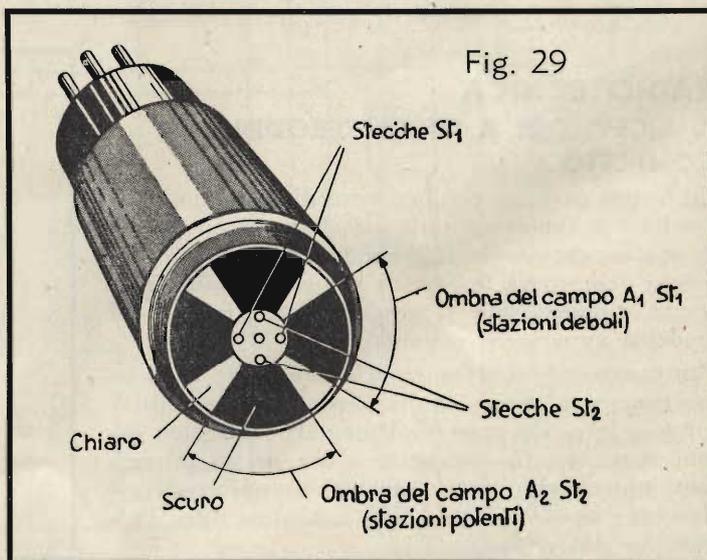
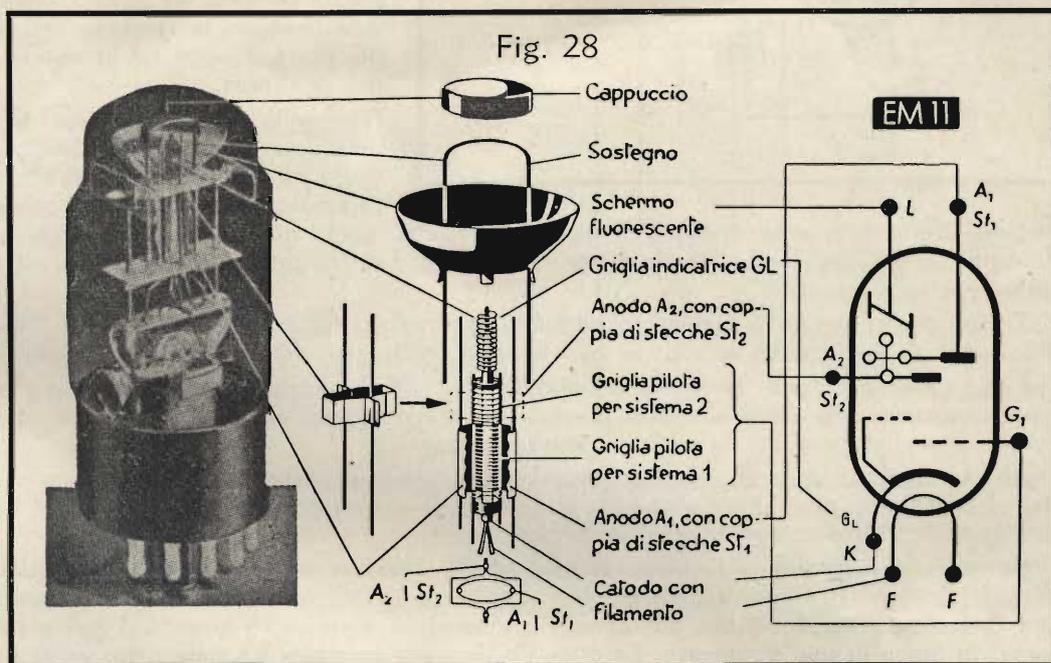



Fig. 30

Il *settore più sensibile* A_1 St_1 (fig. 28), che serve per la sintonia delle *stazioni deboli*, si ottiene, in quanto l'anodo A_1 costituisce con la griglia C_1 un *triodo* a elevato fattore d'amplificazione. La griglia G_1 è sottoposta alla tensione negativa di controllo. Bastano dei valori assai piccoli di questa per ridurre fortemente la corrente anodica di A_1, diminuendo conseguentemente la caduta di tensione nella resistenza R_{a1} (fig. 30). Aumenta allora la tensione anodica e con essa quella delle stecche St_1, collegate con A_1. Queste agiscono come l'anodo ausiliario nel tubo a raggi catodici: producono quindi un avvicinamento della parte fluorescente a queste stecche, e pertanto un *restringimento dell'ombra*. Come vedete, quando la tensione della griglia di comando (G_1) diventa più negativa, il settore fluorescente dello schermo si allarga.

Il secondo sistema triodico, che serve per le *stazioni potenti*, comprende la medesima griglia del primo. La disposizione degli elettrodi determina però un fattore d'amplificazione molto minore, cosicchè per ottenere il medesimo effetto è necessaria una tensione più elevata. Anche qui la tensione anodica, comandata dalla tensione di controllo applicata alla griglia-pilota, è addotta direttamente al *secondo paio di stecche di comando* e ne varia il settore luminoso.

Nella fig. 28, in mezzo, si vedono i *due triodi sovrapposti*; si riconoscono le *griglie*, unite ma avvolte con passo differente; si distinguono le *stecche di comando*, collegate elettricamente e fissate direttamente agli *anodi*. Queste stecche penetrano fin sopra lo *schermo* (fig. 28, a sinistra), che si trova in alto ed ha l'aspetto di una *calotta concava*. Affinchè non abbagli la vista, il *catodo* incandescente è nascosto da un *cappuccio*, fissato al medesimo sostegno che porta lo schermo luminescente.

Poichè vi abbiamo descritto ora una *valvola indicatrice di sintonia a doppio campo di sensibilità*, è inutile che ci occupiamo più dettagliatamente delle *valvole a campo unico* (AM 2 e EFM 11, quest'ultima dotata di uno speciale sistema amplificatore pentodico).

Dopo queste spiegazioni è facile comprendere che l'*occhio magico* trova molte applicazioni anche nella *tecnica delle misure*. Ovunque occorra regolare, mediante semplice variazione di un organo qualsiasi, l'escursione di uno strumento indicatore, fino ad ottenere un massimo, oppure un minimo, l'occhio magico può servire alla bisogna, in luogo di uno strumento. La ditta Philips, per esempio, ha sviluppato un'apparecchiatura di misura di questo genere, il cosiddetto « *Philoscop* », che serve *per misurare le resistenze e le capacità*. L'occhio magico indica quando è stato ottenuto l'equilibrio del ponte (vedasi Dispensa N. 12).

Abbiamo terminato così la descrizione di tutte le valvole usate negli apparecchi radio. Possiamo quindi rivolgerci allo schema completo di una supereterodina.

Domande

1. Quali sono gli elettrodi contenuti nella valvola indicatrice, tipo EM 11?
2. Qual è la funzione delle stecche di comando?

RADIOTECNICA

IL RICEVITORE A SUPERETERODINA COMPLETO

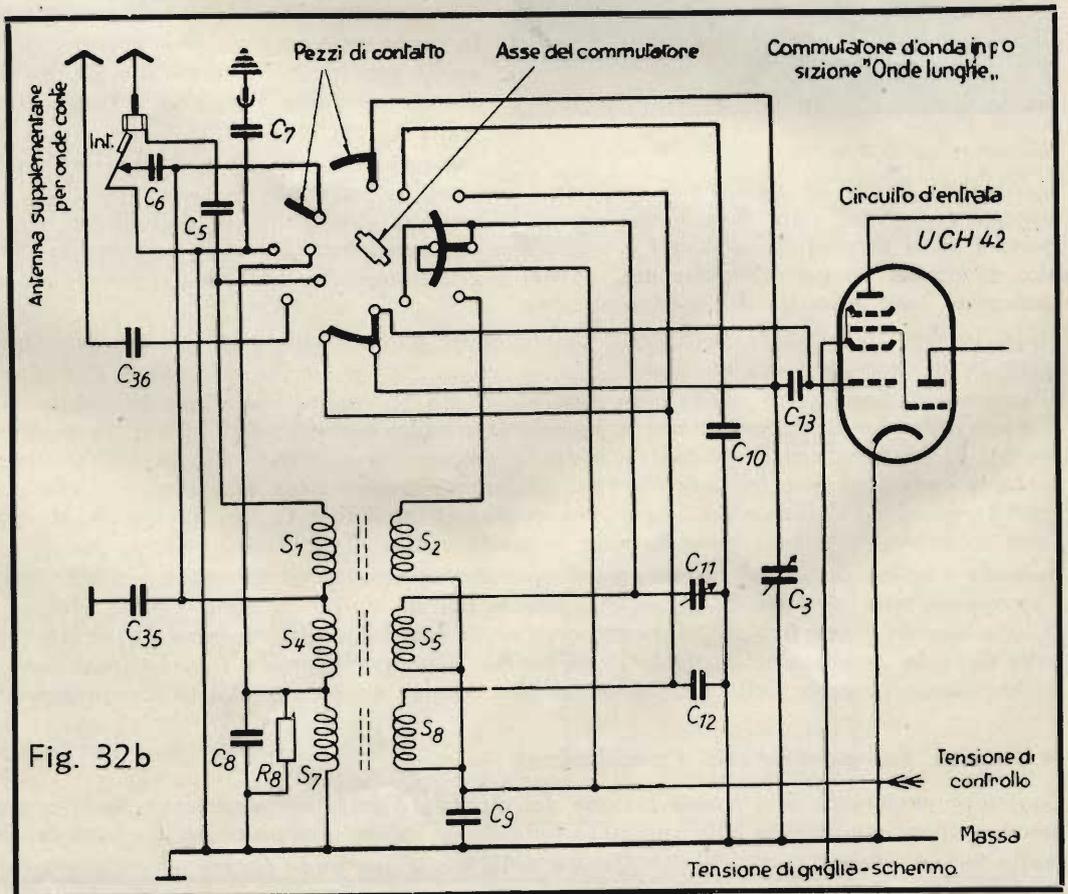
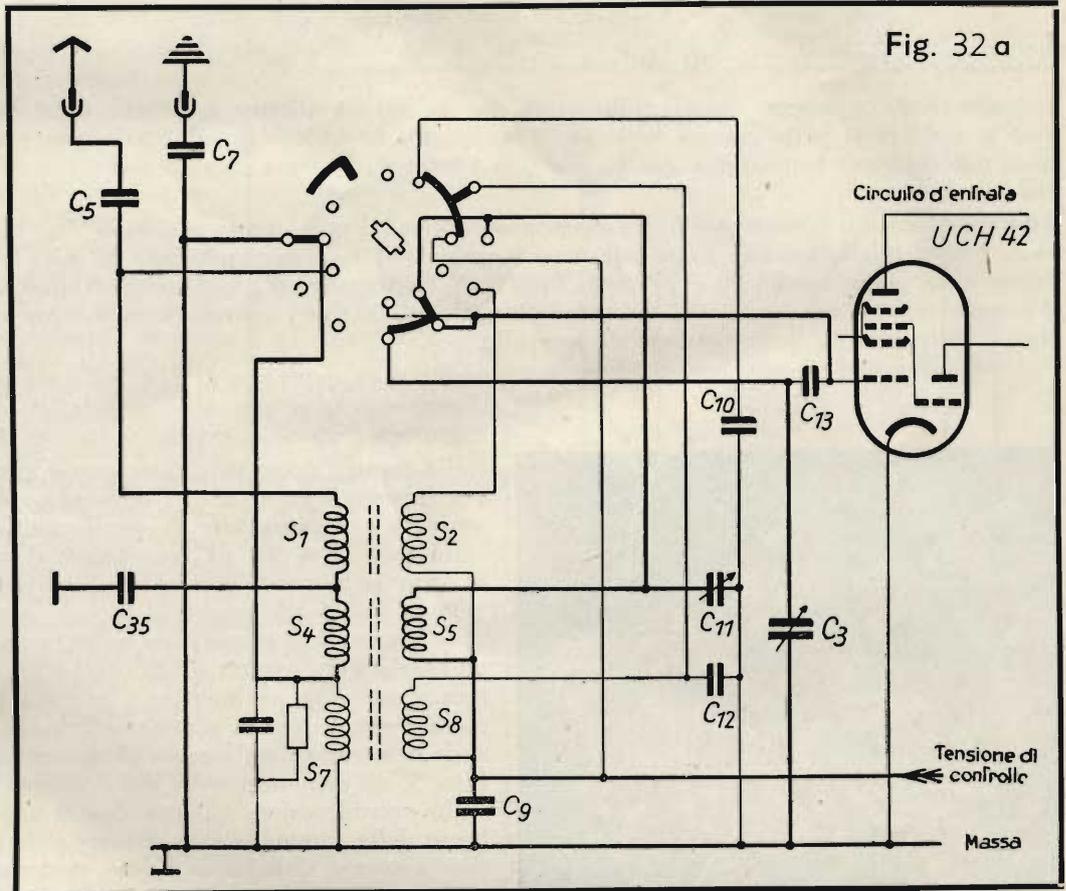
Un lavoro paziente e voluminoso di dettaglio ci ha condotti a conoscere tutti gli elementi costitutivi di una *supereterodina*. Generalmente abbiamo descritto delle unità funzionali che si ritrovano inalterate, oppure solo leggermente modificate, nei moderni apparecchi riceventi.

Per comprendere il montaggio d'assieme dobbiamo conoscere ancora molti particolari costruttivi; tuttavia le conoscenze fondamentali sono state ormai acquisite. Ci occuperemo ora di un interessante apparecchio per alimentazione universale: il ricevitore tipo BX 290 *U* della notissima ditta Philips (fig. 31).

Fig. 31

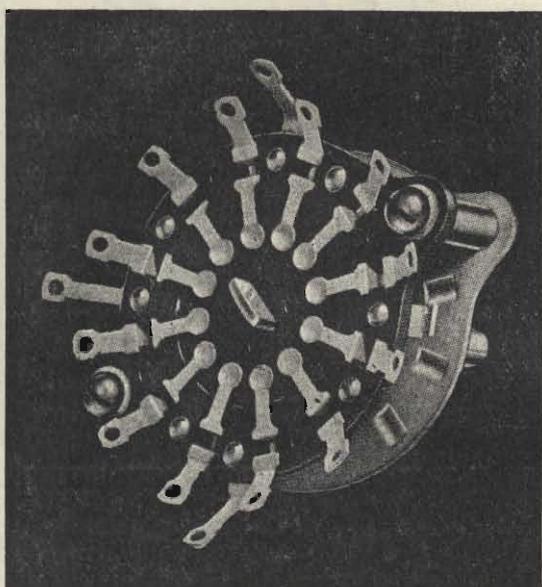
Il commutatore d'onda

Dalle nostre precedenti spiegazioni sapete che, per ricevere le onde lunghe, occorre una bobina di induttanza molto maggiore che per la gamma delle onde corte. Per la *sintonia*, nell'ambito delle singole gamme, si adopera, com'è noto, un *condensatore variabile*. Nei primi tempi della radio, quando esistevano soltanto le onde medie e quelle lunghe, ci si arrangiava, usando delle *bobine intercambiabili di induttanze diverse*, che si sceglievano e innestavano nell'apparecchio secondo il bisogno. Allo stato attuale della radiotecnica una soluzione così primitiva non è più accettabile; si impiegano perciò dei cosiddetti « commutatori multipli ». Le bobine (e ve ne sono parecchie, come risulta dallo schema) vengono inserite o disinserite girando il commutatore d'onda. Le figure 32-a e 32-b dimostrano come siano numerosi gli organi di una moderna *supereterodina* che, nel solo circuito d'entrata, devono potersi commutare. Nella fig. 32-b è disegnato l'*intiero circuito d'entrata* per la posizione *onde lunghe*. Per facilitarvi, abbiamo disegnato nella figura 32-a la posizione *onde medie*, considerando soltanto quelle parti e quei collegamenti che sono in giuoco in questo caso. La valvola interessa qui soltanto per quanto riguarda i collegamenti di griglia; pertanto essa è solo accennata nella figura, senza che i collegamenti dei vari elettrodi siano fatti proseguire. I singoli elementi sono designati nelle figure 32-*a* e *b* nel medesimo modo, e ciò vi aiuterà a comprendere il funzionamento nel suo assieme. Considerando la figura 32-a vediamo che le onde raccolte dall'antenna pervengono at-

traverso al *condensatore* C_5 (390 pF) alla ***bobina d'accoppiamento della gamma delle onde corte*** S_1 e quindi alla ***bobina delle onde medie*** S_4. Dopo S_4, c'è una via che conduce le onde, attraverso al commutatore, alla massa e successivamente, attraverso a C_7 (4700 pF) alla terra. Il *condensatore* C_{35}, di soli 15 pF, presenta una certa ammettenza soltanto per le *onde corte.* Calcoliamo la sua *reattanza* per un'onda di 30 m (10 MHz):

$$R_{cap} = \frac{1}{2\pi . f . C} = \frac{1}{2\pi . 10 . 10^6 . 5 . 10^{-12}} = \frac{10^5}{30\pi} = \frac{10^4}{3\pi} \approx 1000\ \Omega.$$

Le onde medie non sono quindi influenzate che in misura minima da questo condensatore. La tensione d'entrata si suddivide, nella gamma delle *onde medie,* tra le *bobine* S_1 ed S_4. Poichè però S_4 possiede un'induttanza notevolmente superiore a quella di S_1, la tensione d'entrata viene a trovarsi per la massima parte applicata alla bobina S_4.

Dato che l'estremo *inferiore* di S_4 è collegato attraverso al *commutatore d'onda* con la massa, mentre la *bobina* S_7 è sempre allacciata in basso alla massa, questa bobina è cortocircuitata quando il *commutatore* è nella posizione delle *onde medie,* ed è pertanto fuori uso. La tensione si trasmette individualmente da S_4 ad S_5 e quindi al circuito d'entrata S_5 - C_9 - C_3. Il *condensatore* C_9 (47 000 pF) è ormai una vecchia conoscenza per noi: esso evita il cortocircuito della tensione di controllo.

Fig. 33

L'estremità superiore di S_5 è collegata attraverso il *commutatore d'onda* con la *griglia della valvola.* Il *condensatore* C_{13} (220 pF) è cortocircuitato in questa posizione del *commutatore d'onda.*

Nella gamma delle *onde corte* esso è inserito in serie a C_3 e serve per ridurre la capacità del *circuito oscillante,* in modo simile al *padding* nel generatore di oscillazioni. Il condensatore C_3, variabile da 12 a 492 pF, costituisce il meccanismo per la *messa in sintonia* in questa gamma. In parallelo ad esso è inserito, nella gamma delle *onde medie,* il piccolo *condensatore* C_{11} da 20 pF, la cui capacità si regola, una volta tanto, in sede di taratura, con un cacciavite: si tratta di un cosiddetto « *trimmer* » o *compensatore.* Esso serve per mettere a punto la *capacità iniziale del circuito d'entrata* per la gamma delle *onde medie.* Per *capacità iniziale* si intende quella capacità che entra in risonanza con la bobina S_5 all'estremità *corta* della gamma delle *onde medie.* Analoghe considerazioni valgono per la *capacità finale* all'estremità *lunga* della gamma. Per terminare l'analisi del circuito d'entrata per la gamma delle onde medie, notiamo che la *tensione di controllo* viene addotta attraverso alla bobina S_5 alla griglia-pilota della valvola convertitrice di frequenza.

In modo analogo si possono seguire, naturalmente, i collegamenti anche per le altre gamme d'onda; in ogni caso, il *commutatore d'onda* provvede a realizzare i collegamenti necessari.

Nella fig. 33 si vede un *commutatore d'onda con scatto a sfera,* come viene impiegato nell'apparecchio Philips BX 290 U. Gli attacchi sono fissati ad un *disco di materiale isolante,* su entrambe le facce, quelli di sopra in posizione sfalsata rispetto a quelli di sotto. Tra le due corone di contatti gira, azionato dall'albero, un *altro disco isolante,* che porta *i pezzi di contatto destinati a realizzare i collegamenti.* Dovendo commutare diversi circuiti d'entrata ad alta frequenza, come, naturalmente, anche il *generatore d'oscillazioni,* si prevedono altrettanti *piani* del commutatore, tutti azionati dal medesimo asse.

Dopo la descrizione dettagliata della gamma delle *onde medie,* non occorre più essere così minuziosi per la parte delle *onde lunghe* (fig. 32-*b*).

L'antenna è allacciata di nuovo attraverso C_5, S_1 ed S_4, questa volta con la bobina S_7, la cui estremità inferiore è collegata direttamente con la massa. (Il *condensatore* C_8 (15 pF) serve anch'esso soltanto per le *onde corte*). Richiamerà senza dubbio la vostra attenzione la *resistenza* R_8, da 33 000 ohm, la quale costituisce una certa attenuazione per le *onde lunghe,* altrimenti troppo forti. L'*interruttore* (*Int*), che si apre quando viene inserita la spina dell'antenna, serve per realizzare mediante C_6 una *variazione di capacità,* la quale non può però interessarci, mentre consideriamo le parti essenziali dell'apparecchio.

Secondo i collegamenti del *circuito oscillante d'entrata,* al quale la tensione d'*AF* viene addotta per mezzo dell'accoppiamento induttivo S_7-S_8, vedrete che le bobine S_2 ed S_5 sono aperte. Invece l'estremità superiore di S_8 è allacciata attraverso il *commutatore d'onda* con la griglia, mentre C_{13} è ancora cortocircuitato. Questa volta C_{12} è in parallelo a C_3, con le stesse funzioni che aveva prima C_{11}. La posizione *onde corte* è riprodotta nello schema generale della fig. 36, senza che occorra anche per questa un'apposita descrizione.

Il circuito del generatore d'oscillazioni

Contemporaneamente alla commutazione del circuito d'entrata è necessario che, per mezzo di un'altra zona del commutatore, si provveda alla *commutazione delle bobine contenute nel circuito del generatore di oscillazioni.* Nella fig. 34 questa parte è rappresentata nella posizione *onde lunghe.* I collegamenti utilizzati in questa po-

sizione sono fatti risaltare nella figura, perchè disegnati *con tratto più marcato*. Il *circuito oscillante*, costituito da C_4, C_{19}, C_{22} ed S_{14} è collegato, tramite la capacità C_{17} (220 pF), con l'anodo del sistema triodico. Il *condensatore* C_{23} agisce soltanto nella gamma delle *onde corte* ed è cortocircuitato per le onde lunghe. C_{22} (22 pF) si trova direttamente in parallelo al *condensatore di sintonia* C_4. Il *padding* C_{19} (200 pF) è inserito questa volta in serie alla bobina S_{14}; l'effetto è il medesimo, come il collegamento in serie per C_4.

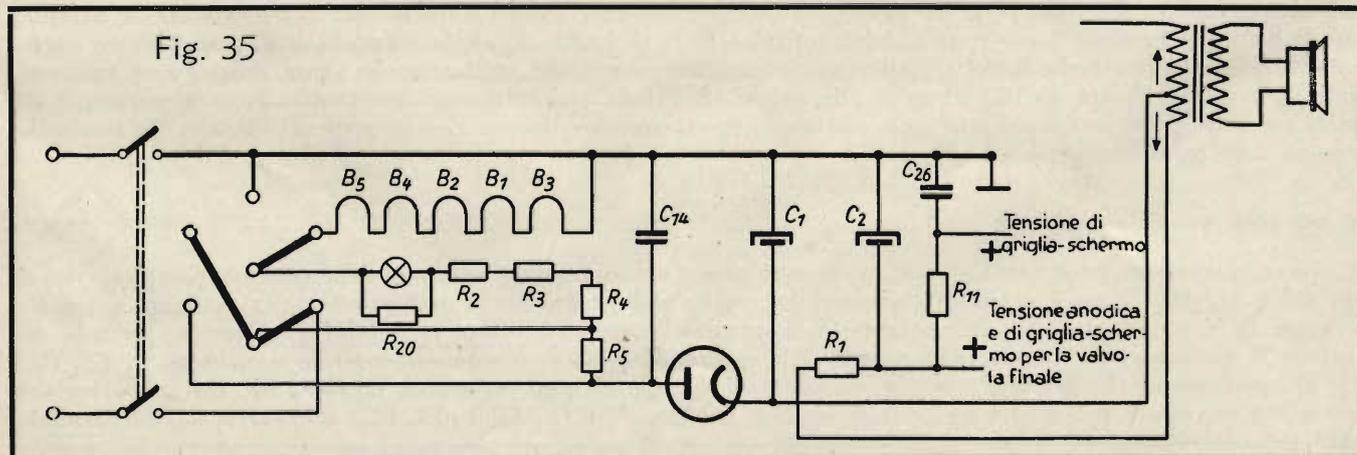
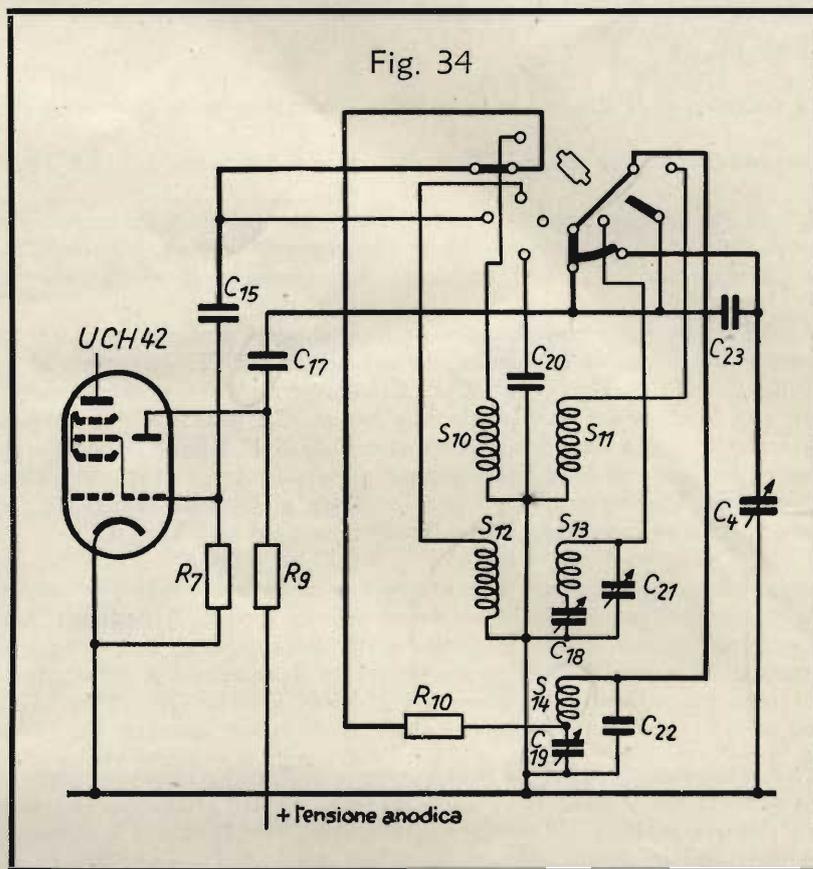
Il *circuito di reazione* per la generazione della frequenza ausiliaria è realizzato nella gamma delle onde lunghe, in un modo interessante. La *tensione di reazione* viene prelevata tra la *bobina* S_{14} ed il condensatore C_{19}; attraverso alla *resistenza* R_{10} (12 000 ohm), il *commutatore d'onda* ed il *condensatore* C_{15} (82 pF), essa viene addotta alla griglia-pilota della valvola oscillatrice. La *resistenza* R_7 (47 000 ohm) serve ad ottenere la *polarizzazione di griglia* occorrente. La *resistenza* R_9 impedisce che la *tensione alternata di placca* rimanga cortocircuitata, poichè altrimenti C_2 (vedasi fig. 36) porterebbe tutta l'*AF* alla massa. Le bobine delle altre due gamme vengono commutate in modo analogo.

Per queste due gamme è prevista però una *normale bobina d'induzione*. Il *padding* (C_{18}) per la gamma delle *onde medie* (S_{12}, S_{13}, C_{18}, C_{21}) è inserito come quello delle *onde lunghe*. Soltanto nella gamma delle *onde corte* si trova il *padding* C_{23} (190 pF) inserito in serie al *condensatore variabile* (C_4).

Come abbiamo detto più sopra, il *commutatore del circuito d'entrata* e *quello del generatore d'oscillazioni* sono azionati dal *medesimo asse*.

Dopo aver osservato così quanto vi è di essenziale nella *parte d'entrata* e *del generatore d'oscillazioni*, possiamo dare un prudente sguardo allo *schema completo dell'apparecchio* (fig. 36). Vi interesserà soprattutto di conoscere le valvole usate, contrassegnate nello schema con le sigle da B_1 a B_5. In basso sono rappresentati gli *zoccoli* con le designazioni dei tipi delle valvole. Poichè tutte le sigle sono del tipo U...4, riconoscerete che si tratta di *valvole Rimlock per alimentazione universale* con 100 mA di corrente d'accensione. La serie di valvole usata comprende: la *valvola convertitrice di frequenza* (UCH 42) *con parte oscillatrice*; il *pentodo ad amplificazione variabile per la media frequenza* (UAF 42); il *triodo di bassa frequenza con doppio diodo* (UBC 41), nel quale però i due diodi sono fuori funzione, avendo gli anodi collegati col catodo; il *pentodo finale* (*UL* 41) e infine la *raddrizzatrice d'alimentazione ad una via* (UY 41).

L'alimentatore

Prima di esaminare il funzionamento dell'apparecchio nel suo complesso, ne vogliamo considerare l'alimentazione. Nella fig. 35 è disegnato lo schema di questa parte. L'apparecchio può essere commutato per le tensioni

di 117 e di 220 V, tanto in corrente continua quanto in corrente alternata. Nella fig. 35 il cambio-tensione è rappresentato nella posizione di 220 V. Per rendere visibile il *circuito d'accensione* sono stati disegnati i *filamenti delle valvole* uno accanto all'altro, collegati in serie. La *lampadina per l'illuminazione della scala*, le *resistenze* R_2 (220 ohm), R_3 (430 ohm) ed R_4 (200 ohm) sono dimensionate in modo da ottenere la giusta tensione per i filamenti delle valvole. Se sommiamo le singole *cadute di tensione*, arriviamo a circa 220 V.

UBC 41: 12,6 V; UCH 42: 14 V; UAF 42: 12,6 V; UL 41: 45 V; UY 41: 31 V; complessivamente quindi 115,2 V.

La corrente è di 100 mA e la caduta di tensione nelle resistenze equivale quindi a 850 . 0,1 = 85 V.

Pertanto la somma delle cadute di tensione ammonta a 218,2 V.

Avrete forse notato che i filamenti non sono collegati in serie semplicemente nell'ordine di numero delle valvole. È infatti conveniente che il filamento della prima valvola di *BF* presenti la *minima tensione* verso massa. Per questa ragione il filamento della valvola B_3 (UBC 41) è allacciato da un lato direttamente alla massa.

Poichè anche nella *convertitrice di frequenza* si possono formare facilmente dei *disturbi di ronzio* per modulazione della media frequenza, la valvola B_1 (UCH 42) segue al secondo posto. Viene poi la valvola meno sensibile di *MF*, la B_2 (UAF 42). Effettivamente si preferisce però spesso di mettere anche la *raddrizzatrice di MF* con l'accensione *più vicina alla massa*. Gli ultimi due filamenti sono quelli della *valvola finale* e della *raddrizzatrice di rete*. La finale costituisce infatti l'ultimo stadio d'amplificazione; i disturbi che in essa intervengono non passano quindi ad alcuna altra valvola. Per quanto riguarda la *raddrizzatrice di rete*, è senz'altro chiaro che questa non può essere soggetta a disturbi dovuti all'accensione. La tensione continua da essa erogata va comunque sottoposta al livellamento ed al filtraggio.

La *resistenza* in parallelo alla *lampadina della scala* serve ad impedire che questa si bruci. All'inserzione dell'apparecchio, quando le valvole sono ancora fredde, i filamenti hanno una resistenza bassa. La corrente che circola nel primo istante, e che è relativamente forte, non è pericolosa per le valvole, ma potrebbe facilmente bruciare la lampadina. Si mette perciò in derivazione a questa una cosiddetta « *resistenza di protezione* », che presenta un valore molto basso a freddo ed assorbe quindi la sovracorrente d'inserzione. Quando questa resistenza si è riscaldata, aumenta talmente di valore ohmico da non causare alcun disturbo per la lampadina.

Il *raddrizzatore a una via* non presenta difficoltà. Dopo le nostre spiegazioni sulla protezione antiparassita, riconoscerete nel condensatore C_{14} (22 000 pF) quell'elemento che impedisce alle frequenze di disturbo, generate nel raddrizzamento, di rivelarsi nella rete. Per livellare la tensione anodica (esclusa la valvola finale) si impiega qui una *resistenza ohmica* R_1 (1100 ohm). Ciò è possibile perchè la corrente consumata dalle altre valvole è relativamente piccola. L'effetto filtrante può essere stimato con un calcolo approssimativo. Per la frequenza di 50 Hz, che interessa in questo caso, la *reattanza* dei condensatori C_1 e C_2 (da 50 μF ciascuno) equivale a:

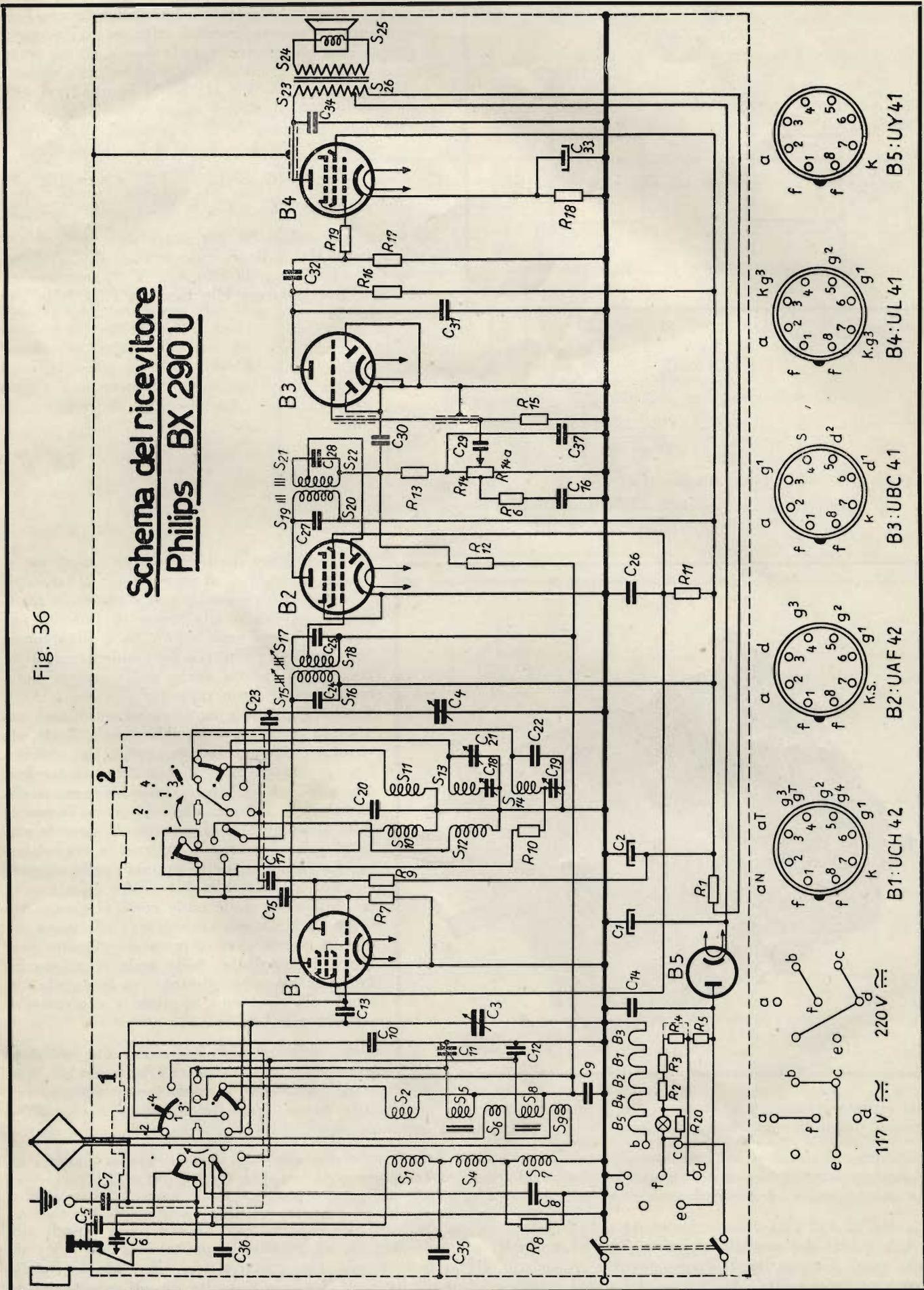
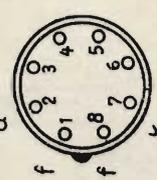
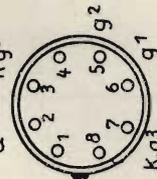
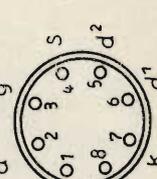
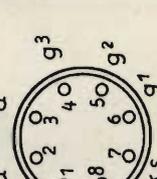
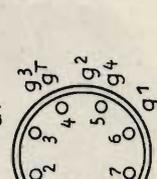
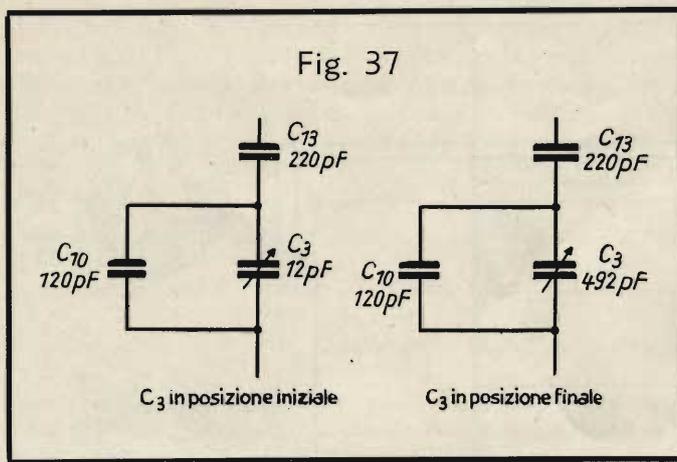
$$R_{cap} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 50 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^3}{5\pi} = 63{,}67 \ ohm.$$

Nei confronti dei 1100 ohm di R_1 abbiamo una riduzione della tensione di disturbo nel rapporto di quasi 1:20.

Verso C_2 e perciò verso gli anodi delle valvole passa dunque soltanto $\frac{1}{20}$ della *tensione di disturbo* esistente in origine. Per fornire la *tensione anodica livellata* alla valvola finale, si usa un interessante artifizio. Come vedete dalle figure 35 e 36, la *tensione anodica per la valvola finale* viene prelevata direttamente presso il primo condensatore di livellamento C_1 e portata ad una presa intermedia del *trasformatore d'adattamento dell'altoparlante*. Il *secondo condensatore di filtraggio* per l'anodica della valvola finale è pertanto C_{34} (fig. 36). Si vede però che una parte rilevante della *corrente di disturbo* attraversa l'*avvolgimento del trasformatore* e sarebbe quindi da attendersi un forte ronzio dell'altoparlante. Però una parte della *corrente di disturbo* fluisce anche verso il basso, attraversando R_1 e C_2. Nell'avvolgimento secondario del trasformatore viene indotta così una *tensione di disturbo* sfasata di 180° rispetto alla prima. È chiaro pertanto che, scegliendo convenientemente la posizione della presa intermedia, è possibile *compensare tra loro le due componenti di disturbo*, in modo da ottenere una riproduzione scevra di ronzio.

Lo schema completo

Le nostre spiegazioni preliminari facilitano naturalmene molto la comprensione dello schema completo riportato nella fig. 36. Tanto il *circuito d'entrata* che *quello del generatore d'oscillazione* sono mostrati qui nella posizione delle *onde corte*. Le onde raccolte dall'antenna vanno ad eccitare la *bobina* S_1 e passano quindi, attraverso il *commutatore d'onda*, alla massa. Per mezzo di S_2 viene eccitato il *circuito oscillante* S_2, C_3, C_{13}, C_{10}. Il *condensatore variabile* C_3, senza condensatori aggiuntivi, può variare da 12 a 492 pF. Questa variazione è però molto ridotta per effetto dei condensatori C_{13} (220 pF) e C_{10} (120 pF). (C_{13} è in serie, C_{10} in parallelo a C_3).

Fig. 36
Schema del ricevitore
Philips BX 290 U
B1
B2
B3
B4
B5
117 V
220 V
B1: UCH 42
B2: UAF 42
B3: UBC 41
B4: UL 41
B5: UY41

Un calcolo di controllo servirà per comprendere l'effetto di questo provvedimento, effettuato allo scopo di ottenere un *allargamento della banda*. Il *rapporto di variazione* del condensatore, coi valori indicati, sarebbe di 12/492 = 1 : 41. Dalla figura 37 risulta come si debbano calcolare i nuovi valori. La formula (17) della Dispensa N. 7 ci consente di scrivere, per le posizioni iniziale e finale del condensatore:

Parallelo di inizio C_3 e C_{10} = 12 + 120 = 132 pF.

Parallelo di fine C_3 e C_{10} = 492 + 120 = 612 pF.

Dobbiamo ora calcolare, per entrambi i casi, il valore risultante dal collegamento in serie di C_{13}. Usiamo la formula (18) della Dispensa N. 7, semplificata però in modo conforme alla formula (57) della Dispensa N. 15:

$$C_{tot} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} .$$

Per la posizione iniziale, con 132 pF e 220 pF, otteniamo:

$$C_{tot\ inizio} = \frac{132 \cdot 220}{132 + 220} = \frac{132 \cdot 220}{352} = 82{,}5\ pF$$

Per la posizione finale, con 612 pF e 220 pF:

$$C_{tot\ fine} = \frac{612 \cdot 220}{612 + 220} = \frac{612 \cdot 220}{832} = 162\ pF.$$

Come risultato troviamo che la variazione si riduce, all'incirca, al rapporto 1 : 2. Lo scopo di questo provvedimento si comprende facilmente, pensando alla messa in sintonia per una stazione d'*onde corte*. Se si mantenesse la variazione primitiva del condensatore (che però è già ridotta anche nella gamma delle *onde medie* ad un rapporto di circa 1 : 10), la messa a punto per la ricezione di una stazione a *onde corte* sarebbe così difficile, da risultare, in pratica, pressochè impossibile. L'ampiezza angolare disponibile nel condensatore variabile per ciascuna stazione sarebbe talmente ristretta che, nel girare la manopola della sintonia, si sorpasserebbero le stazioni prima ancora di udirne la trasmissione. La riduzione della gamma rende necessaria, nell'apparecchio che stiamo esaminando, la limitazione delle *onde corte* al campo tra 9,5 e 12 MHz, ma consente di effettuare anche in questa gamma la messa a punto precisa e ineccepibile. Sulla scala si ottiene infatti una maggiore distanza tra le singole stazioni; ciò si chiama appunto « *allargamento della banda* ».

Dallo schema può essere desunto un altro particolare interessante. L'apparecchio possiede un'*antenna a telaio incorporato*, accoppiata costantemente per mezzo delle *bobine aggiuntive* S_6 ed S_9 alle *bobine delle onde medie e lunghe*; è quindi possibile una buona ricezione anche senza antenna separata.

Riguardo al *circuito del generatore d'oscillazioni* rimane soltanto da dire che esso viene messo in sintonia simultaneamente al *circuito d'entrata*, per mezzo del *condensatore variabile doppio* C_3 e C_4. La fig. 38 mostra un *condensatore variabile doppio* di questo genere.

La *MF* di 452 kHz viene selezionata nel *circuito anodico* della *valvola convertitrice* (B_1) e passa quindi alla griglia-pilota del pentodo seguente (B_2). Come vedete, il collegamento di griglia di questa *UAF* 42 parte da una presa intermedia dell'*avvolgimento secondario del filtro di banda*. Con ciò si ottiene una *riduzione della reazione della valvola* (o meglio del *tratto catodo-griglia*) sul filtro di banda e si esalta quindi maggiormente

la banda di frequenza da amplificare. Sia la *convertitrice* che l'*amplificatrice* sono entrambe regolate dalla tensione di controllo.

La UAF è la vera *amplificatrice della media frequenza*, inserita in mezzo a due filtri di banda. Come nel primo filtro la griglia del pentodo, così qui l'*anodo del diodo rivelatore* è allacciato ad una presa intermedia nel *secondario del filtro di banda*. Questo diodo serve a produrre tanto la *BF* che la *tensione di controllo*. Per ritrovare gli schemi fondamentali di queste parti, da noi discussi in precedenza, abbiamo disegnato il *demodulatore* nella fig. 39.

Fig. 39

La fig. 40, più semplificata ancora, mostra chiaramente le parti più importanti. La valvola UAF 42 è disegnata divisa nei suoi due sistemi elettronici, il che contribuisce alla miglior comprensione dello schema. Vedete ora subito che sono collegati in serie il *circuito oscillante* (secondario del filtro di banda), il *diodo rivelatore* e la *resistenza di lavoro* R_{14}, R_{14a} (0,45 e 0,05 Mohm).

Non manca naturalmente il *condensatore* per l'eliminazione dell'*AF* (C_{30}, da 82 pF). La *tensione di controllo* viene livellata perfettamente nel complesso R_{12} (2,7 Mohm) e C_9 (47 000 pF) e passa quindi alla griglia delle valvole UCH 42 e *UAF* 42. R_{14}, R_{14a} è un potenziometro da 0,5 Mohm, che serve nello stesso tempo anche *per la messa a punto del volume*. C_{29} (3900 pF) è il *condensatore d'accoppiamento* con lo stadio successivo e adduce la *BF* alla griglia del triodo.

Fig. 40

Dopo aver esaminato così il funzionamento con l'aiuto della fig. 40, osserviamo nuovamente la fig. 39. Notiamo, in primo luogo, che la combinazione R_{13} (100 kohm) e C_{37} (47 *pF*) costituisce un *filtro* che impedisce che attraverso C_{37} venga ancora inoltrata dell'*AF*. La *reattanza* di C_{37}, alla *MF* di 452 kHz, è:

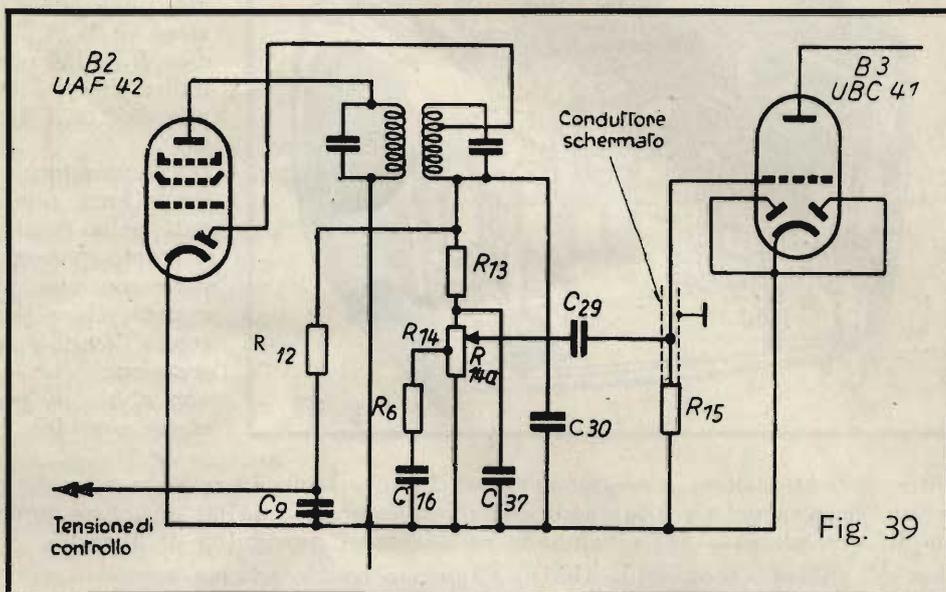
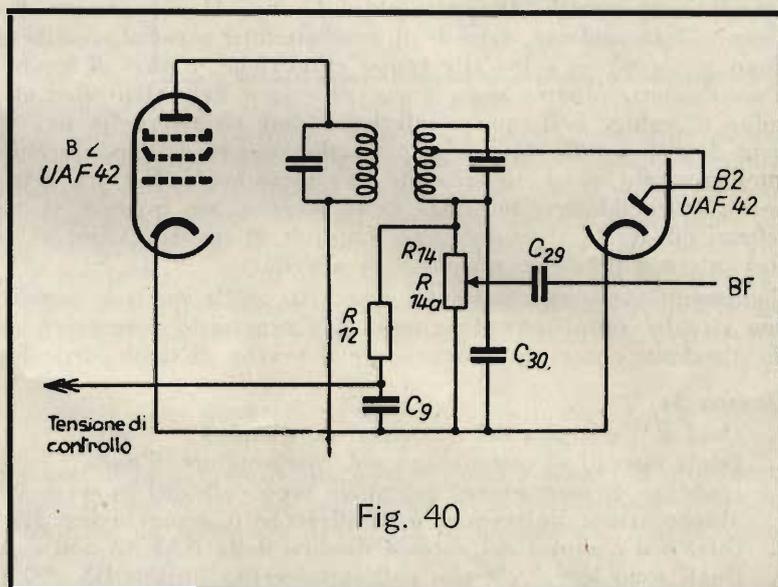
$$R_{cap} = \frac{1}{2\,\pi \,.\, 452 \,.\, 10^3 \,.\, 47 \,.\, 10^{-12}} =$$

$$= \frac{10^9}{904 \,.\, \pi \,.\, 47} = 7{,}5\ k\Omega.$$

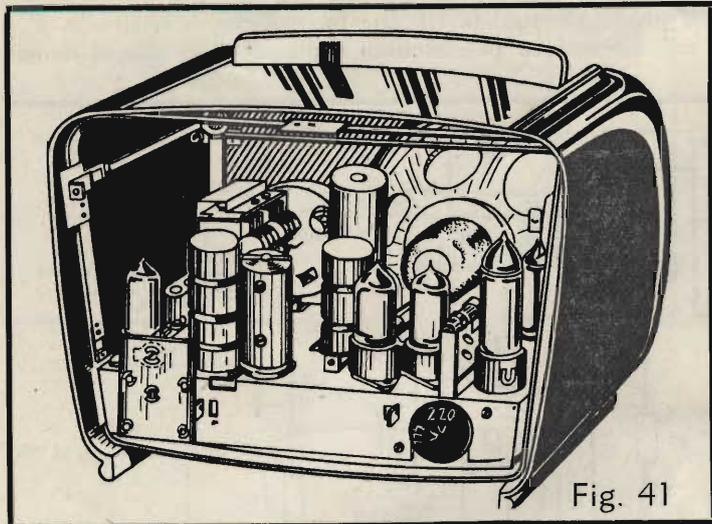
La tensione residua ai capi di C_{37}, che si trasmette pertanto per mezzo del potenziometro da 0,5 Mohm (R_{14}, R_{14a}) allo stadio successivo, comprende soltanto $\frac{7{,}5}{100} = \frac{1}{13{,}35}$ della tensione d'*AF* disturbatrice. Non va dimenticato poi che la via dell'*AF* passa per C_{30}, cosicchè i disturbi che si scaricano attraverso R_{13} - C_{37} sono già per questo notevolmente ridotti. L'altra combinazione R_6, C_{16}, visibile nella fig. 39, è attiva soprattutto quando il *cursore* del potenziometro è molto spostato verso il basso, ossia quando il volume è regolato al minimo.

Finchè il cursore, che adduce la *BF* a C_{29}, si trova in alto, R_6 (10 kohm) e C_{16} (18 000 pF) non hanno praticamente alcun effetto. Invece quando il volume sonoro è ridotto, se non ci fosse questa combinazione di resistenza e capacità, i toni acuti si farebbero sentire troppo e ne risulterebbe una voce un po' aspra. L'effetto di R_6 e C_{16} consiste nella *riduzione delle frequenze acustiche più elevate* e consente pertanto di ottenere il medesimo timbro sonoro anche quando il volume è regolato sul *piano*.

Il collegamento della preamplificatrice di *BF* (B_3) e della valvola finale (B_4) non presenta ulteriori difficoltà.

La UBC 41 è impiegata come *amplificatrice di BF* con accoppiamento a resistenza. La *resistenza anodica* R_{16} (0,47 Mohm) è resa insensibile alla *MF* per mezzo del *condensatore* C_{31} (390 pF). La necessità di un'apposita

tensione di polarizzazione della griglia è evitata, inserendo una *resistenza elevata* (R_{15} da 10 Mohm) tra la griglia ed il catodo.

I diodi della UBC 41 sono fuori servizio. La *BF* è inoltrata alla valvola finale attraverso a C_{32} (6800 pF).

Fig. 41

Davanti alla griglia-pilota della valvola finale c'è la resistenza R_{19} di *protezione contro le oscillazioni parassite*. La *resistenza di griglia*, attraverso alla quale viene addotta la tensione di polarizzazione ,è la R_{17} (0,82 Mohm). La *resistenza catodica* R_{18} (150 ohm) provoca, con una corrente catodica di circa 60 mA, una *polarizzazione di griglia* di 0,06 . 150 = 9 volt.

Il *condensatore elettrolitico* C_{33} (100 μF) impedisce la formazione di una *caduta di tensione alternata* nella resistenza R_{18}. Una *caduta di tensione alternata* provocherebbe, esattamente come la tensione continua, una *tensione contraria alla griglia* e causerebbe pertanto una *controreazione*, riducendo l'amplificazione. Ricordate quindi, in questa occasione, che *qualsiasi resistenza catodica, che non abbia in parallelo un condensatore di sufficiente capacità, è origine di controreazione.*

Oltre al *trasformatore d'adattamento* per l'altoparlante dinamico a magnete permanente, che abbiamo già discusso, si trova nel circuito anodico il *condensatore* C_{34} (4700 pF). Esso impedisce che la valvola finale possa amplificare qualsiasi *AF*, eliminando così eventuali possibilità di disturbo.

Con ciò abbiamo terminato. Abbiamo spiegato così lo schema completo di un apparecchio radio-ricevente di fabbricazione industriale; ora voi vorrete sicuramente sapere come sono eseguite, in pratica, le connessioni tra i singoli componenti dell'apparecchio. La fig. 41 ci permette di gettare uno sguardo nell'interno. A sinistra, accanto all'*altoparlante*, si vede il *condensatore variabile* con la relativa *trasmissione di comando*. Davanti si vedono le *valvole* e, sotto alle cappe cilindriche, i *filtri di banda* ed i *circuiti oscillanti d'entrata e del generatore d'oscillazioni*. Mentre nella parte superiore del telaio vige un certo ordine, che permette di raccapezzarsi a colpo d'occhio, nella parte inferiore (non visibile nella fig. 41) c'è un tale apparente disordine, che sarete lieto di aver potuto conoscere il funzionamento dell'apparecchio studiandone lo schema, senza dover esplorare quel groviglio quasi inestricabile di collegamenti. Per ora vi troverete un po' oppresso dalla molteplicità delle cose che vi abbiamo mostrato nello schema, ma quando vi sarete occupato più frequentemente di questi schemi ed avrete ripetuto i vari Capitoli di questo Corso, vi sentirete sempre più attratto da questo campo così interessante di cognizioni e di attività.

Comunque avete raggiunto ora una vetta dalla quale il mondo meraviglioso della radio vi appare ormai sotto una visuale completamente nuova. Era necessario percorrere le singole tappe, per poter godere alfine lo sguardo d'assieme che ci fa comprendere il perchè di tanti particolari.

Domande

1. Qual è il compito del commutatore d'onde?
2. Quali circuiti si commutano col commutatore d'onda?
3. L'ordine di successione, nel quale sono collegati in serie i filamenti delle valvole di un apparecchio ad alimentazione universale, è indifferente o segue invece determinate regole?
4. Qual è il compito del sistema diodico della UAF 42 nell'apparecchio BX 290 U?
5. Quali sono le valvole che nell'apparecchio Philips BX 290 U contribuiscono all'amplificazione?

Risposte alle domande di pag. 14

1. La griglia negativa nel tubo a raggi catodici si chiama « *cilindro di Wehnelt* ».
2. la messa a fuoco del raggio elettronico si ottiene per mezzo dell'anodo ausiliario e dell'anodo.
3. La tensione a dente di sega, applicata alla seconda coppia di placche, serve a far comparire sullo schermo la curva della tensione applicata alla prima coppia di placche. Se, per esempio, questa tensione è sinusoidale, comparirà sullo schermo una sinusoide.
4. La sensibilità del tubo a raggi catodici si misura in mm/volt. Essa indica la tensione necessaria per ottenere una deviazione di 1 mm del raggio.
5. Collegando a entrambe le coppie di placche di un tubo a raggi catodici una tensione alternata sinusoidale in concordanza di fase, si ottiene sullo schermo un tratto obliquo.

Risposte alle domande di pag. 16

1. La valvola EM 11, indicatrice di sintonia a doppio campo di sensibilità, possiede un catodo con filamento, una griglia-indicatrice collegata col catodo, una griglia di comando suddivisa in due parti con elica di passo differente, due anodi con una coppia di stecche di comando ciascuno e uno schermo luminescente.
2. Le stecche di comando proiettano sullo schermo delle ombre, che sono tanto più piccole, quanto più elevata è la tensione delle stecche.

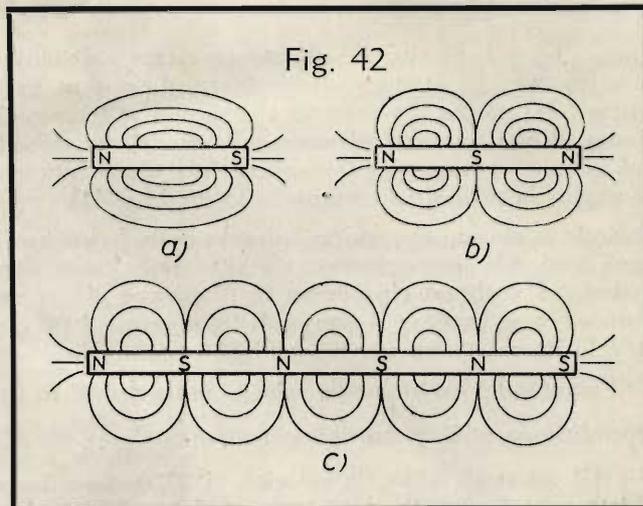
ACUSTICA ED ELETTROACUSTICA

IL MAGNETOFONO

Nella Dispensa N. 11 avete conosciuto il *disco fonografico*, che costituisce un metodo per conservare la musica e le parole. La musica è *incisa* nel solco del disco; il grammofono ritrasforma le incisioni in suoni. Questo sistema di conservazione presenta però alcuni difetti, come il *fruscio* dovuto alla punta, la *piccola gamma di frequenza* riproducibile e quindi la *tonalità non perfettamente naturale*, la *dinamica insufficiente* (le variazioni di sonorità ottenibili sono limitate), ed altri difetti ancora.

Il continuo progresso della tecnica ha fatto crescere le esigenze e si ricercarono perciò dei nuovi metodi più perfezionati.

Il principio fondamentale

Lo scienziato danese *Valdemar Poulsen* aveva indicato fin dal 1898 un metodo che sfruttava le *proprietà magnetiche di un filo d'acciaio*. Finora voi conoscete soltanto dei magneti che posseggono un polo nord ed un polo sud (fig. 42-a). È però facile realizzare una *magnetizzazione ripetuta*, in modo da ottenere una *barretta con tre poli* (fig. 42-b) o anche tale da formare una *successione di magneti* (fig. 42-c). È data così la possibilità di *registrare su un filo di ferro le variazioni dell'intensità di campo di un magnete*. Il filo *magnetico* costituisce così una *continua successione di magneti ora più deboli ora più forti*. Il principio del *magnetofono* è essenzialmente tutto qui. Naturalmente la calamita che provoca queste variazioni d'intensità è un *elettromagnete*, ossia una *bobina percorsa dalle correnti foniche*. Il filo di ferro passa accanto a questa bobina e ne rimane magnetizzato. Il magnetismo residuo nel filo, per quanto debole, può esercitare delle azioni magnetiche. Se il filo magnetico viene fatto scorrere accanto ad una bobina, le linee di forza tagliano le spire della bobina e vi inducono una tensione elettrica. Questa è effettivamente assai piccola, ma può essere amplificata e resa udibile in un altoparlante.

Vi furono naturalmente molte difficoltà da superare, finchè il *sistema a filo magnetico* potè raggiungere l'importanza attuale. Esso è un aiuto importante soprattutto nelle *stazioni radiotrasmittenti*. Una buona parte delle trasmissioni è ripresa dapprima su *nastro* e viene quindi ritrasmessa dalla stazione radio. Con questo sistema si ottiene il grande vantaggio di potere stabilire esattamente la *durata* delle singole trasmissioni, potendo svolgere così un programma continuato, senza inciampi e senza dover ricorerre a brani musicali che facciano da riempitivo. Le *riprese sonore all'aperto* sono più facili da eseguire con *registrazione su nastro magnetico*. A ciò si aggiunge la possibilità di poter sottoporre il nastro a correzioni, il che naturalmente non è possibile nelle riprese originali. Prima di occuparci delle numerose applicazioni del *magnetofono*, vogliamo studiarne un po' più dettagliatamente la struttura pratica.

Il nastro magnetico

Il suono viene registrato su un *filo d'acciaio inossidabile* del diametro di 0,1-0,05 mm, oppure sul *nastro magnetico*.

Quest'ultimo, simile a una pellicola cinematografica, è largo circa 6 mm e spesso solo 3 centesimi di millimetro. In luogo dello strato fotosensibile usato nelle pellicole, vi è qui uno *strato magneticamente sensibile* che occupa i 2/3 dello spessore del nastro. Esso è costituito da *magnetite* depositata su un lato del nastro con un procedimento speciale.

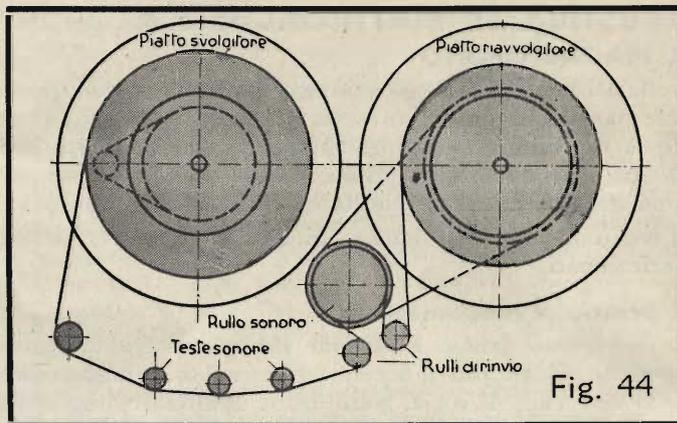
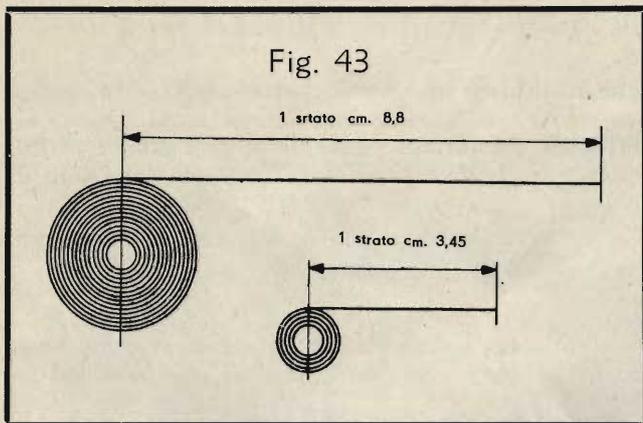
Secondo la *velocità di spostamento* del nastro si ottiene, con le lunghezze usate, comprese tra 1/2 e 1 km, una riproduzione ininterrotta della durata di un'ora e anche più. Un fatto di importanza fondamentale è che, mediante semplice *smagnetizzazione*, si possono cancellare le registrazioni, per utilizzare nuovamente il nastro magnetico. Questa operazione può essere ripetuta praticamente un numero illimitato di volte. La possibilità di incollare il nastro consente di effettuare delle connessioni, come pure di unire diverse registrazioni. Naturalmente il nastro può essere incollato anche quando, per caso, si fosse strappato. Se si riuscirà a fabbricare questo nastro magnetico ad un prezzo un po' ridotto, esso potrà rispondere a tutte le esigenze.

Avanzamento e velocità del nastro

Il nastro deve scorrere accanto all'elettromagnete, come abbiamo già detto, e *con velocità costante*. L'apparecchio possiede tre cosiddette « *teste magnetiche* » o « *sonore* », che esamineremo nel prossimo paragrafo. Per lo spostamento del nastro occorre, naturalmente, un *motorino elettrico*; generalmente ve ne sono anzi *due*.

Purtroppo non è possibile azionare le *bobine, svolgitrice* e *riavvolgitrice*, direttamente per mezzo del motore, come si fa per il disco del grammofono, poichè non si otterrebbe una velocità di spostamento costante. Dalla fig. 43 si vede che, se la *bobina riavvolgitrice* ruotasse a velocità costante, il nastro si avvolgerebbe più rapidamente quando la bobina è piena, che quando è vuota. I diametri utili stanno fra loro, nei due casi estremi, all'incirca nel rapporto di 8 : 25 e si avrebbero quindi nella velocità di spostamento delle variazioni nel rap-

Fig. 43

Fig. 44

porto di 1 : 3. Si rimedia all'inconveniente azionando i due *piatti, svolgitore* e *riavvolgitore*, per mezzo di *giunti a frizione*. Si ottiene così una forza di trazione sufficientemente costante, che diminuisce molto il pericolo di rottura del nastro. La velocità costante si ottiene mediante il cosiddetto « *rullo sonoro* » , azionato a velocità costante, il quale trascina il nastro alla medesima velocità. I piccoli *rulli di rinvio*, che non sono in collegamento col motore, servono per far abbracciare quasi intieramente dal nastro il *rullo sonoro*, in modo da ottenere con sicurezza la medesima costante velocità (fig. 44).

Quando si devono riprodurre soltanto delle *frequenze basse*, è sufficiente una *piccola velocità* del nastro, perchè ogni semionda deve generare un altro polo magnetico. Non potendo avvicinare eccessivamente i poli tra loro, quando si vogliono riprodurre le *frequenze più elevate* bisogna aumentare la velocità. Nelle *trasmissioni della parola* si può limitare il campo di frequenza a 4000 Hz, senza riduzione dell'intelligibilità; in questo caso basta la velocità relativamente bassa di 19 cm/sec.

Utilizzando dei *nastri lunghi*, per esempio di 600 m (naturalmente la capacità dei *piatti avvolgitori* è limitata), la riproduzione può durare ininterrottamente $\frac{600}{0,19} = 3150$ secondi, ossia minuti 52 1/2. Per le esigenze normali e per gli usi negli uffici, la velocità di 38 cm/sec dovrebbe essere la più adatta. Nelle radiotrasmissioni, ove si richiede, *per la musica*, la massima fedeltà di riproduzione, è stata introdotta la velocità di 77 cm/sec.

Gli elettromagneti

Descriveremo ora la parte più interessante, cioè i *magneti* o *teste sonore*. Abbiamo già fatto osservare che il nastro deve scorrere molto vicino alle *teste sonore*, come si vede anche nella fig. 44. Esternamente le tre *teste sonore* si assomigliano, essendo dei *corti cilindri* o *prismi* di circa 2 cm di diametro e 1 cm d'altezza. Le tre *teste* servono ciascuna ad uno scopo diverso: nell'ordine in cui vengono percorse dal nastro, la *prima* serve *per cancellare*, la *seconda per registrare e* la *terza per riprodurre*. Esse posseggono un *nucleo chiuso*, costituito da *lamierini sottili di ferro d'alte qualità magnetiche*, il cosiddetto « *mumetal* », sul quale si trovano gli *avvolgimenti* occorrenti (fig. 45). Il *nucleo di ferro* deve avere un *traferro* più o meno stretto, secondo l'uso cui è destinato. Il *traferro* delle teste *per la registrazione e la riproduzione* è largo solo *pochi millesimi di millimetro*, ed è quindi difficile da realizzare. Per ottenere la giusta larghezza del *traferro* è necessario ricorrere all'ausilio di strumenti ottici. Il *traferro* non può essere aperto, poichè altrimenti il pulviscolo di ferro che si può distaccare, per esempio dal nastro, si potrebbe depositare nel traferro stesso, modificandone la larghezza. Perciò il *traferro* si forma inserendo una *sottilissima piastrina d'ottone* tra le due parti che costituiscono il nucleo. Com'è noto, l'ottone non è affatto magnetizzabile, e si comporta perciò come se nel traferro ci fosse l'aria. Il *nucleo* deve essere fatto *in due pezzi*, poichè non è possibile ricavare con la sega, o con un altro mezzo analogo, delle fenditure larghe soltanto 5/1000 mm . Per comprendere la necessità di queste dimensioni ridottissime del traferro, calcoliamo il tempo durante il quale le particelle di ferro del nastro si trovano davanti al traferro, e confrontiamo questo tempo con la durata di un periodo della massima frequenza da riprodurre.

Fig. 45

Con 77 cm/sec (corrispondenti alla massima velocità usata) e con una larghezza del traferro di 0,005 mm = $= 0,5 \cdot 10^{-3}$ cm, il tempo durante il quale le particelle di ferro si trattengono davanti al traferro diventa:

$$\frac{\textit{Larghezza del traferro}}{\textit{Velocità}} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{77} = 6,5 \cdot 10^{-6} \text{ sec} .$$

Supponiamo di richiedere una *frequenza massima* di 15 000 Hz allora la *durata del periodo* equivale a $6,67 \cdot 10^{-5}$ sec .

Vediamo dunque che, nel peggior caso, può trascorrere soltanto $\frac{1}{10}$ di periodo, mentre una particella di ferro

è sottoposta all'azione del traferro. Il *campo magnetico* sviluppato dalla frequenza sonora varia soltanto di poco durante questo decimo di periodo ed è quindi assicurata una riproduzione regolare. Lo scopo del traferro molto stretto appare anche più chiaramente, se esaminiamo ciò che avverrebbe qualora il tempo di passaggio davanti al traferro fosse più lungo di un periodo della frequenza da riprodurre. Prendiamo un traferro di 0,5 mm ed una frequenza di 10 kHz, con una velocità del nastro di 50 cm/sec. Il *tempo di passaggio* diventa:

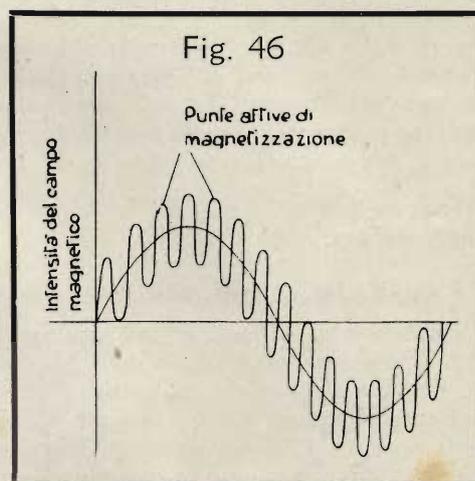
$$\frac{5 \cdot 10^{-2}}{50} = 10^{-3} \text{ sec.}$$

La *durata del periodo* è invece $\frac{1}{10^4} = 10^{-4}$ sec.

Da ciò si deduce che ciascuna particella di ferro, passando davanti al traferro, viene magnetizzata 10 volte; il valore finale della magnetizzazione può essere un valore qualsiasi, dipendente dalla fase della frequenza sonora e perciò puramente casuale. Sarebbe del tutto esclusa la possibilità di registrare la frequenza di 10 kHz.

Nella *riproduzione* le cose sono del tutto simili. Il *nastro magnetizzato* passa accanto al *traferro* altrettanto stretto, della *testa di riproduzione*, inducendo nell'*avvolgimento* una *tensione alternata* di frequenza corrispondente alla magnetizzazione del nastro. Poichè il *campo magnetico* generato dal nastro è assai debole, è importantissimo che la *testa di riproduzione* sia schermata molto bene, giacchè eventuali campi estranei causerebbero forti disturbi. Anche per fare lo *schermo* si usa del *mumetal*, nello spessore di qualche millimetro.

Dopo tali considerazioni, è abbastanza chiaro il procedimento usato *per cancellare le registrazioni*. La *testa* usata per questo scopo deve avere un *traferro abbastanza largo*, affinchè le particelle del nastro, passando davanti ad esso, vengano sottoposte a parecchie alternanze del campo magnetico usato per la smagnetizzazione. Per non dover richiedere delle correnti troppo forti, si preferisce però non allargare molto il traferro, aumentando invece la *frequenza del campo magnetico*. Si lavora con *AF* di 30-100 kHz e con un *traferro* di 1/10 mm .

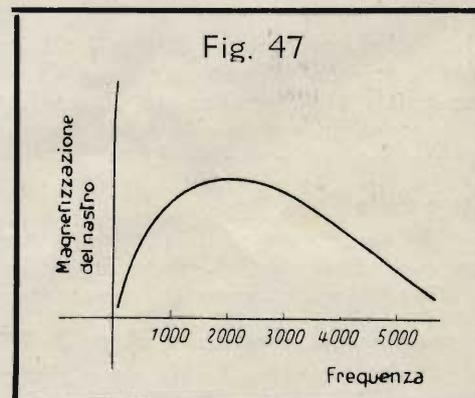
Dopo le nostre spiegazioni, comprenderete facilmente il funzionamento del dispositivo. Si noti poi che il *nastro*, passando davanti al *traferro* relativamente largo, attraversa un campo magnetico che dapprima è debole, poi si rinforza e quindi diminuisce di nuovo. Ciò è appunto molto importante per la smagnetizzazione. Per smagnetizzare un qualsiasi pezzo di ferro, bisogna infatti portarlo in vicinanza di un forte elettromagnete eccitato con corrente alternata; quindi allontanarlo lentamente, in modo che il ciclo delle alternanze magnetiche si svolga a intensità sempre più deboli. Si cancella così qualsiasi magnetismo residuo, ottenendo del materiale completamente smagnetizzato.

Gli *avvolgimenti* delle differenti *teste sonore* hanno *diversi numeri di spire*. Il *massimo numero* di spire è quello della *testa di registrazione*, quello *minimo* della *testa di smagnetizzazione*. Nella *testa di registrazione* c'è poi un'altra particolarità. Nei primi *magnetofoni* si era tentato di migliorare la registrazione facendo una magnetizzazione preliminare con corrente continua, ma i risultati erano stati poco soddisfacenti. Si tentò allora di usare dell'*AF*, constatando un notevole vantaggio. Si impiega oggi *la medesima frequenza usata nella testa di smagnetizzazione* e la si applica alla bobina della *testa di registrazione*, assieme alla *frequenza sonora*. La figura 46 mostra come *AF* e *BF* si sovrappongono. Per ottenere il *massimo effetto di magnetizzazione*, occorre regolare con cura l'intensità dell'*AF* sovrapposta.

Amplificatori di registrazione e di riproduzione

Non possiamo discutere questi *amplificatori speciali* di *BF* fino nei più piccoli particolari. Basteranno alcuni accenni. Per quanto il sistema della *registrazione sonora su nastro* sia elegante, pure esso presenta per se stesso un certo difetto. *Le diverse frequenze non vengono infatti registrate ugualmente bene*. Le bobine avrebbero infatti la tendenza di sviluppare dei campi magnetici tanto più forti, quanto più la frequenza è elevata. Da una certa frequenza in su, le perdite per *correnti parassite* (correnti di Foucault) diventano però talmente elevate, da far diminuire anzichè aumentare, la magnetizzazione del nastro. L'*intensità di magnetizzazione* provocata nel nastro dalla medesima corrente alle varie frequenze è descritta dalla curva della fig. 47.

Poichè non è possibile cambiare le proprietà del nastro, si cerca di ottenere una compensazione del difetto con l'aiuto dell'*amplificatore*. Lo stesso *amplificatore di registrazione* è costruito in modo da esaltare le frequenze meno favorite nella magnetizzazione.

Nella fig. 48 è mostrato uno stadio d'amplificazione, dal quale potete vedere come l'effetto si ottiene. Ci si giova della *controreazione*, varia-

bile con la frequenza, a voi ormai già nota. Abbiamo di nuovo un *canale di controreazione* che collega l'anodo con la griglia-pilota. Il *condensatore di separazione* C_1 è scelto in modo da non lasciar quasi passare le *frequenze più basse*, per le quali non si ha quindi nessuna riduzione dell'amplificazione. Le *frequenze più alte*, invece, attraversano bene il condensatore C_1, ma trovano, dopo la *resistenza* R_1, il piccolo *condensatore* C_2, che le conduce a massa. Più le frequenze sono alte e più vanno a massa, mentre la *tensione di controreazione* che si sviluppa ai capi del canale R_2, R_3, R_4 e che da esso agisce sulla griglia, diventa più debole.

La *massima controreazione* si ha per le *frequenze medie*, per le quali C_1 è abbastanza grande, ma C_2 troppo piccolo. Per tali frequenze, le resistenze R_1, R_2, R_3 ed R_4 costituiscono un *partitore di tensione* attraverso il quale agisce la *controreazione*, che conferisce all'*amplificatore* l'andamento di frequenza rappresentato nella fig. 49. Come vedete, la curvatura è contraria a quella della fig. 47. Ciò significa che è possibile compensare la sfavorevole dipendenza di frequenza della magnetizzazione, mediante un'appropriata struttura dell'*amplificatore*. Simili problemi si presentano assai sovente nella tecnica delle telecomunicazioni ed è utile perciò sapere come si affrontano.

Abbiamo terminato con ciò le spiegazioni principali sulle parti del *magnetofono*.

Le applicazioni del magnetofono

Vogliamo quindi darvi alcune indicazioni sulle molteplici possibilità d'impiego del *magnetofono*. Abbiamo già parlato dell'uso che se ne fa *nelle radiotrasmissioni*. L'apparecchio può essere un divertente passatempo, che permette di udire nell'altoparlante la propria voce, o di sorprendere qualcuno con la ripetizione delle sue parole. Ma con questo meraviglioso apparecchio si offrono agli studiosi ben altre possibilità. Citiamo come esempio la *registrazione delle voci degli uccelli colte nel fitto del bosco*.

Il *magnetofono* sta per divenire l'*aiuto indispensabile dell'oratore e del predicatore*. Con assoluta obbiettività e senza che altra persona ne debba venire a conoscenza, esso registra un discorso e permette l'esame degli eventuali errori. La registrazione su disco sarebbe troppo costosa e lunga da eseguire. Il *magnetofono* invece conserva il discorso solo per il tempo occorrente; dopo si può cancellare tutto. Anche *nei tribunali* il *magnetofono* è già stato usato con successo. Le deposizioni dei testi non vengono soltanto notate parola per parola, ma si registra anche l'espressione della voce; la successiva riproduzione serve a rinfrescare la memoria a tutti. Voi stesso troverete innumerevoli possibilità di applicazione del *magnetofono*, con tutto che lo sviluppo di quest'apparecchio sia ancora agli inizi.

Il dittafono

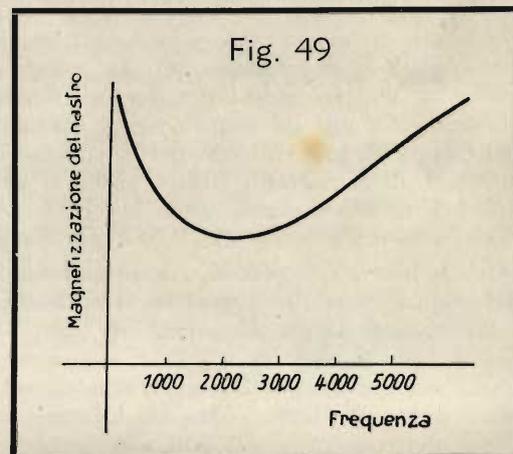
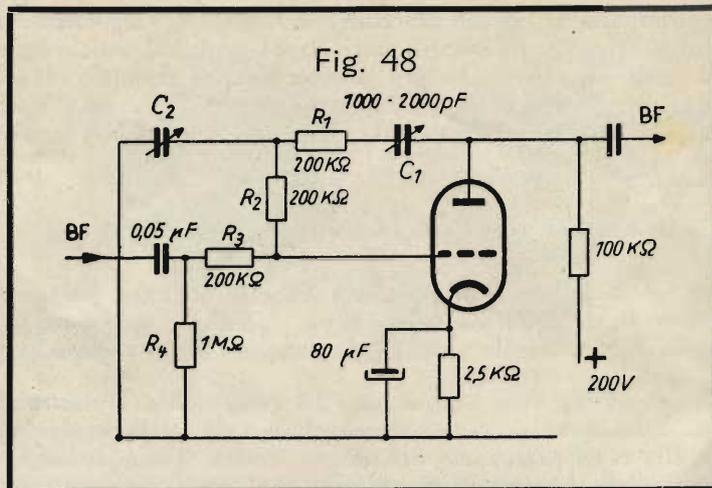
Una variante particolare del *magnetofono* è il *dittafono* o *apparecchio per dettare*. Esso presenta, almeno costruttivamente, una maggiore somiglianza col disco fonografico. Un *disco circolare* porta un *solco a spirale* lungo il quale si effettua la *registrazione magnetica*. Il solco serve unicamente come guida per il movimento della *testa sonora* lungo la spirale magnetica. Testa sonora, azionamento ed amplificatore sono simili a quelli del magnetofono.

Il *dittafono* consente ai dirigenti d'azienda di *dettare e controllare la corrispondenza*, senza che occorra sempre la presenza di una segretaria. Questa può scrivere le lettere ascoltando il dettato dall'apparecchio, che può funzionare a piacimento *con altoparlante* oppure *con cuffia telefonica*. Semplici manovre consentono di far ripetere lentamente singole frasi. Non appena la lettera è scritta, le registrazioni vengono cancellate e il disco rimane nuovamente disponibile.

Domande

1. Su che cosa viene registrato il suono nel magnetofono?
2. Quali frequenze risultano indebolite nella magnetizzazione del nastro?
3. Perchè nei magnetofoni occorrono speciali amplificatori?

Risposte alle domande di pag. 24

1. Il commutatore d'onda serve a commutare le bobine per le varie gamme d'onda.
2. Col commutatore d'onda si commutano il circuito (o i circuiti) di entrata e quello del generatore d'oscillazioni.

3. L'ordine di successione dei filamenti collegati in serie è regolato dalla necessità di disporre vicino alla massa le valvole di *BF*, più sensibili alle influenze di disturbo (preamplificatori di *BF*).
4. Il sistema diodico della UAF 42 serve nell'apparecchio Philips BX 290 U per la demodulazione e, nello stesso tempo, per la generazione della tensione di controllo.
5. Nell'apparecchio BX 290 U partecipano all'amplificazione:
   la parte esodica della convertitrice UCH 42,
   il pentodo di *MF*, UAF 42,
   la preamplificazione di *BF*, UBC 41,
   la valvola finale UL 41.

Risposte alle domande di pag. 28

1. Nel magnetofono il suono si registra su un sottile filo d'acciaio (0,1-0,05 mm) oppure su un nastro simile a una pellicola, dotato di uno strato magnetico di magnetite.
2. Nella magnetizzazione del nastro si indeboliscono i suoni acuti e quelli gravi.
3. Occorrono degli amplificatori speciali, perchè si devono amplificare maggiormente le frequenze che risultano più indebolite nella magnetizzazione del nastro.

COMPITI

1. Quali vantaggi si ottengono nelle centrali dotate di registratore, rispetto a quelle a selezione diretta?
2. Disegnate l'anello di contatto per la lettera *O*, secondo l'alfabeto della fig. 9 per telescriventi sistema Hell.
3. In che cosa consiste il sincronismo nelle telescriventi Hell e come si manifestano i difetti di sincronismo?
4. Nel tubo a raggi catodici di quali proprietà del raggio di elettroni ci si giova per scopi di misura?
5. In un tubo a raggi catodici come si sposta la traccia luminosa, nel caso che entrambe le coppie di placche presentino la medesima sensibilità di 0,2 mm/volt e che si applichi ad entrambe una tensione continua di 120 volt?
6. Qual è la velocità raggiunta dagli elettroni in un tubo di Braun con tensione anodica di 625 volt?
7. Quali sono le caratteristiche comuni per le valvole indicatrici di sintonia ed i tubi a raggi catodici?
8. Disegnate il generatore d'oscillazioni dello schema di fig. 36, nella posizione delle onde corte.
9. Quale diviene la variazione di un condensatore variabile con $C_{inizio} = 50$ pF e $C_{fine} = 500$ pF, quando si aggiunge in serie un condensatore $C_s = 250$ pF?
10. Spiegate l'allargamento di banda con l'aiuto dell'esempio di cui alla precedente domanda.
11. Da che cosa dipende la velocità del nastro nel magnetofono?
12. Perchè nella testa di smagnetizzazione è più conveniente un traferro maggiore?
13. Come si realizza la velocità costante del nastro nel magnetofono?

FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 19

Formula	pag.
(66) Velocità degli elettroni: $v = 595 \cdot \sqrt{V_a} \left[\frac{\text{km}}{\text{sec}}\right]$	» 14

DISPENSA N°. 20

CORSO DI TECNICA DELLE
TELECOMUNICAZIONI
IN PARTICOLARE DI RADIOTECNICA

ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA

INDICE DELLE MATERIE DELLA DISPENSA N. 20

Riassunto della materia trattata nella Dispensa precedente pag. 1

Telegrafia, Telefonia . . . . » 1
Linee aeree e cavi . . . . » 1
I cavi telefonici . . . . » 1
Il cavo Krarup . . . . » 4
Il cavo Pupin . . . . » 4
Domande e risposte . . . . » 5
Linee aeree e cavi (seguito) . . . . » 5
L'utilizzazione delle linee di telecomunicazione . . . . » 5
Il circuito virtuale . . . . » 6
Il sistema duplice . . . . » 8
Domande . . . . » 9

Telefonia . . . . » 9
Gli amplificatori . . . . » 9
L'amplificatore a due fili . . . . » 9
L'amplificatore a quattro fili . . . . » 10
L'amplificatore con dispositivo compensatore delle distorsioni . . . . » 10
Domande e risposte . . . . » 11
La telefonia a frequenze vettrici . . . . » 12
Il sistema a 12 canali . . . . » 12
La modulazione a banda laterale unica . . . . . . » 12
Il modulatore . . . . » 12
La prima trasposizione di frequenza . . . . » 13
La seconda trasposizione di frequenza . . . . . . » 13
La demodulazione nella stazione ricevente . . . . . » 14
Domande . . . . » 16

Radiotecnica . . . . » 16
La stabilizzazione della frequenza portante . . . . . . » 16
Il quarzo oscillante . . . . » 16
Il termostato . . . . » 17
L'oscillatore a quarzo . . . . » 18
Microfono e rivelatore a cristallo . . . . » 18
Il cronometro a quarzo . . . . » 19
Domande . . . . » 19

Tecnica delle misure . . . . » 19
L'oscilloscopio a raggi catodici . . . . » 19
a) L'alimentatore . . . . » 19
b) L'asse dei tempi . . . . » 21
c) La sincronizzazione . . . . » 24
d) L'amplificatore di deviazione . . . . » 24
e) Esempi di misure . . . . » 26
Domande e risposte . . . . » 28

Compiti . . . . » 28

C O R S O D I T E C N I C A D E L L E
TELECOMUNICAZIONI - RADIO

A CURA DELL'ISTITUTO SVIZZERO DI TECNICA | **Dispensa N. 20**

RIASSUNTO DELLA MATERIA TRATTATA NELLA DISPENSA PRECEDENTE

Siamo arrivati ormai alla Dispensa N. 20 e possiamo constatare con legittima soddisfazione come l'edificio che stiamo costruendo si sia andato allargando sempre di più. Anche l'ultima Dispensa ha portato molte novità, che vogliamo ripetere in breve.

Il primo Capitolo era dedicato al secondo importante sistema di telefonia automatica, il *sistema Bell*. Tipico di questo sistema è l'azionamento rotativo dei selettori. Inoltre esso si distingue essenzialmente dal sistema Siemens per un organo particolare, il *registratore*. Gli impulsi del disco combinatore non azionano direttamente i selettori, ma vengono immagazzinati nel registratore. Questo determina il collegamento con l'utente richiesto, non appena si trovi un selettore libero.

Successivamente abbiamo visto un interessante completamento degli apparecchi telescriventi: il *telescrittore Siemens-Hell*. La speciale costituzione della parte trasmittente rende quest'apparecchio adatto per l'esercizio in condizioni difficoltose, particolarmente nella radiotelegrafia. L'elica scrivente, che costituisce l'organo principale del ricevitore, rappresenta una soluzione semplice ed elegante del problema del sincronismo, grazie al sistema della doppia scrittura.

Nel Capitolo di *Tecnica delle Misure* avete conosciuto il *tubo a raggi catodici*. Vi abbiamo spiegato la struttura ed il funzionamento di questo speciale tubo elettronico. Il sottile raggio di elettroni è sottoposto, nel vuoto del tubo, all'influsso deviatore delle tensioni di misura. Esso traccia quindi sullo schermo fluorescente delle curve caratteristiche, dalle quali si possono ricavare importanti deduzioni in merito alle tensioni applicate. Dopo le spiegazioni sul tubo a raggi catodici, le spiegazioni sulla costruzione ed il funzionamento della valvola indicatrice di sintonia sono risultate facilmente comprensibili.

La discussione dello *schema completo di un ricevitore a supereterodina* è stata, in un certo senso, il coronamento dello studio precedentemente svolto. Le singole parti, che erano state illustrate nel lavoro preparatorio, si sono andate armonicamente componendo in un tutto organico e di logica costituzione. Mancavano soltanto alcune piccole nozioni. Per esempio conoscevate già da tempo la suddivisione delle onde in corte, medie e lunghe, ma finalmente in questa Dispensa vi è stato mostrato come si risolvano in pratica, con l'aiuto di *commutatori d'onda* e di *complessi di bobine*, i problemi inerenti alla *scelta della gamma d'onde*. L'esame particolareggiato dello schema vi sarà forse costato parecchie stille di sudore; ma alla fine avrete constatato con soddisfazione di aver compreso abbastanza bene il funzionamento dell'apparecchio.

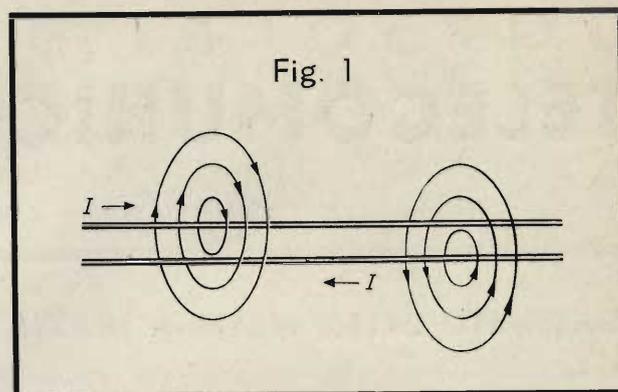
Un Capitolo interessante e moderno trattava del *magnetofono*. L'idea essenziale di questo apparecchio consiste nell'utilizzare il magnetismo rimanente per conservare la parola e la musica. Avete visto che il problema principale non è insito nel dispositivo in sè, ma nella giusta collaborazione tra il *nastro*, il *motore di trasporto* ed i *vari amplificatori*. Qualche breve cenno vi ha fatto comprendere le enormi possibilità di applicazione e di sviluppo di questo sistema. Ora passerete ai Capitoli della nuova Dispensa, completando le vostre cognizioni.

TELEGRAFIA, TELEFONIA

LINEE AEREE E CAVI

I cavi telefonici

Parlando delle linee aeree abbiamo detto che le linee di nuova costruzione sono oggi quasi esclusivamente costituite da *cavi*. Quali palificate sarebbero infatti necessarie per portare i numerosi circuiti di comunicazione che collegano tra loro due grandi città! Nell'interno delle città stesse, se tutte le linee telefoniche fossero aeree, quale incredibile groviglio di fili si avrebbe sopra i tetti! Vedete dunque che le stesse circostanze hanno obbligato a far uso dei cavi di telecomunicazione. Nei primi tempi dell'inoltro di notizie attraverso linee di telecomunicazione, il principale impulso allo sviluppo dei cavi venne dalle linee d'oltremare.
Dopo le nostre spiegazioni sullo *schema equivalente della linea di telecomunicazione*, sull'*impedenza caratteristica* e sull'*attenuazione*, potete facilmente immaginare che per inoltrare a distanza le notizie, non basta disporre semplicemente di due conduttori isolati e ricoperti da una guaina di protezione. In principio si ten-

tò di far così, ma il risultato fu spaventoso. Se con le linee aeree si potevano superare distanze di alcune centinaia di chilometri e si realizzavano quindi con facilità delle comunicazioni interurbane, con i cavi non era assolutamente possibile raggiungere distanze superiori ai 20-25 km. Le ragioni di questo comportamento sono facili da comprendere, se si osserva lo *schema equivalente della linea*, nella fig. 25 della Dispensa N. 17. Le *capacità* sono infatti necessariamente molto più grandi nel cavo che nella linea aerea, poichè in quest'ultima i fili sono collocati sui pali a distanze relativamente grandi, mentre *nei cavi* i fili sono molto vicini tra loro e costituiscono pertanto delle forti *capacità*. Nello stesso tempo si riscontra *nei cavi* una *diminuzione dell'induttanza*, poichè gli effetti magnetici di una coppia di conduttori si annullano a vicenda per la massima parte. Come si vede nella fig. 1, ad ogni istante un conduttore costituisce l'andata, l'altro il ritorno della corrente elettrica. I campi magnetici generati dalla medesima corrente *I*, nei due conduttori, sono opposti, com'è facile constatare anche servendosi della *Regola del cavatappi* riportata nella Dispensa N. 5, figure 25-27. L'effetto magnetico complessivo risulta quindi molto più piccolo di quello che si otterrebbe con un solo filo: in altre parole, *l'induttanza è fortemente ridotta.*

Spiegheremo ora come mai sia meglio avere un'induttanza maggiore. Le capacità mutue conducono, in ogni caso, una certa *corrente trasversale*, la quale provoca delle perdite di energia nelle resistenze della linea (le resistenze ohmiche dei fili). Quando l'induttanza aumenta, queste correnti trasversali diminuiscono e anche le perdite divengono, di conseguenza, minori: parlando in termini tecnici, si dice che *l'attenuazione diventa minore.* Con buona approssimazione, trascurando le perdite dovute all'isolamento non ideale, e a condizione che la resistenza del filo non sia oltremodo elevata, *l'attenuazione aumenta proporzionalmente alla resistenza dei fili e diminuisce col crescere dell'impedenza caratteristica. L'attenuazione per chilometro di linea* si calcola mediante la seguente formula approssimata:

$$\beta = \frac{1}{2} \cdot \frac{\textit{Resistenza del filo al km}}{\textit{Impedenza caratteristica}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{Formula (67)}$$

Per i casi normali, alle basse frequenze, c'è un'altra formula approssimata, che fornisce risultati più precisi, poichè i presupposti per la validità della formula (67) non sono generalmente abbastanza rispettati.

$$\beta = \sqrt{\frac{2\,\pi\, f \, . \, RC}{2}} \, . \left[\frac{\text{Neper}}{\text{km}}\right] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{Formula (68)}$$

Vi è nota la relazione che lega l'impedenza caratteristica all'induttanza ed alla capacità. Per ottenere una piccola attenuazione se ne deducono due possibilità di principio. La resistenza dei fili non può essere resa piccola a piacere, soprattutto nei cavi, per i quali non si devono superare, per ragioni di spazio, certi diametri dei fili. (Generalmente si impiegano *conduttori di rame* da 0,6-0,8 mm di diametro *per cavi locali* e da 0,9-1,4 mm di diametro *per cavi interurbani*). Eliminata quindi la resistenza dalle ulteriori considerazioni, non rimane che occuparci della *capacità* e dell'*induttanza.*

La formula (20), $C = \frac{\Delta \cdot A}{d}$ non può essere applicata tale e quale ai conduttori di una linea; tuttavia essa consente di stimare le grandezze essenziali per la formazione della capacità. La superficie *A* dipende dal *diametro del filo*, che è dato. La distanza *d* tra i due fili, il cui aumento provocherebbe una diminuzione della capacità, trovandosi nel denominatore, non può essere variata anch'essa che entro limiti ristrettissimi, poichè, naturalmente, si cerca di ridurre le dimensioni del cavo al minimo possibile. L'unica grandezza che si può cercare di scegliere in modo favorevole sarebbe quindi la *costante dielettrica*, rappresentata dal valore Δ. La *costante più piccola*, che darebbe anche la più piccola capacità, è quella del *vuoto* e, approssimativamente, anche dell'*aria*. Ma per i cavi occorre naturalmente un dielettrico solido. Si richiede inoltre che i materiali impiegati siano di basso prezzo. Mentre prima l'isolamento era costituito da involucri di carta infilati sui fili, da circa un trentennio si usa avvolgere a passo lungo sopra il filo di rame nudo una *cordina sottile di carta* (0,3-0,6 mm ∅). Sopra tale cordina si eseguiscono una o due fasciature con *nastro di carta* dello spessore di 0,08-0,1 mm.

Questo genere d'isolamento si chiama « *in carta ed aria* ». Purtroppo esso è molto sensibile all'umidità; occorre pertanto ricoprire il cavo, per l'intiera sua lunghezza, con una *guaina o camicia di piombo*, che impedisce l'entrata dell'umidità. Contrariamente ai cavi per correnti forti, che vengono compressi e presentano un'elevata compattezza, i *cavi telefonici* non hanno grande robustezza meccanica; i numerosi spazi d'aria fanno sì che il cavo possa essere facilmente schiacciato e quindi danneggiato. Si ricorre perciò all'armatura del cavo mediante una *treccia metallica di fili di ferro* sovrapposta alla camicia di piombo. Infine si applica un *avvolgimento tessile di iuta impregnata di catrame*, quale protezione contro gli agenti chimici. Il terreno contiene infatti svariati acidi ed altre sostanze che rovinerebbero facilmente l'armatura metallica.

Per l'impiego nei collegamenti locali la rigidezza e la grossezza dei cavi con isolamento di carta e camicia di piombo sarebbero eccessive. Si cerca quindi di ottenere una diminuzione della capacità con altri mezzi, e cioè con l'uso di *materiali isolanti di alto pregio*, resistenti all'umidità (anti-igroscopici), resistenti al calore (anti-infiammabili) e flessibili. Fino a poco tempo fa questi isolamenti dei conduttori si realizzavano *con avvolgimento di tessili speciali e impregnazione di speciali vernici*. Oggi si passa sempre più all'isolamento dei conduttori *con materie plastiche* (cloruro di polivinile = vipla; polietilene = politene), in parte *con avvolgimento aggiuntivo in raion colorato*, per distinguere i conduttori, e *strato protettivo di vernice*.

I conduttori, accoppiati a due a due, vengono cordati assieme a formare il cavo, al quale viene applicata una camicia protettiva esterna, che *negli impianti distesi negli edifici* è ancora costituita da una *guaina di piombo*, mentre *nei cavi delle centrali* è una *guaina di materiale sintetico impermeabile* ed antinfiammabile, ma, nello stesso tempo, flessibile.

Anche nei cavi, come nelle linee aeree, bisogna naturalmente ricorrere a particolari artifici per ridurre i disturbi di diafonia. *Nei cavi a più coppie*, le singole coppie sono avvolte tra loro *a elica*, o *cordate a spirale*, come si suol dire. Si ottiene così il medesimo risultato come nella linea aerea con l'incrocio dei conduttori (Dispensa N. 17, fig. 20 e 21). I maggiori disturbi sono dovuti in tal caso agli accoppiamenti capacitivi, i quali devono perciò essere aboliti, se possibile, completamente.

Fig. 2

Con l'aiuto della fig. 2 vi spiegheremo brevemente come viene effettuata questa compensazione di capacità. Il conduttore *a* della coppia *a-a'* presenta verso il conduttore *b* una capacità C_1, differente dalla corrispondente capacità C_2. Il conduttore *b* non si trova quindi nella *mezzeria elettrica* della coppia *aa'*. L'influenza di uno dei due conduttori, per esempio di *a*, sul conduttore *b*, supera quella di *a'*. La capacità C_1 e C_2 sono punteggiate nella figura, perchè non si tratta di condensatori, ma di *capacità* diffusa tra un filo e l'altro. Per compensare la differenza tra le capacità C_1 e C_2 non si può, naturalmente, variare a piacimento una delle due. Bisogna invece aggiungere il condensatore C_3 in parallelo alla capacità inferiore C_1, in modo da portare il valore complessivo alla pari della capacità C_2.

La medesima compensazione va eseguita, ovviamente, anche per il conduttore *b'*.

Le cose sono, in realtà un po' più complicate, ma le nostre spiegazioni colgono i fattori essenziali che qui interessano. Poichè la capacità tra i conduttori è diffusa su tutta la loro lunghezza, bisogna effettuare la compensazione ripetutamente, a intervalli regolari. Ciò si può fare in due modi.

1) *Compensazione mediante condensatori.*

A determinate distanze si inseriscono nella linea delle cosiddette « *muffole* » contenenti i *condensatori aggiuntivi* sopramenzionati.

2) *Compensazione degli accoppiamenti.*

Si compensano le *asimmetrie capacitive*, dette anche « *accoppiamenti* », mediante adatto collegamento dei singoli spezzoni di cavo nelle *muffole di connessione*. Si misurano, a questo scopo, le coppie dei singoli spezzoni e si uniscono i conduttori o le coppie, in modo da collegare uguali asimmetrie di polarità opposta. Con questo sistema si riesce, nella maggioranza dei casi, a ridurre le *asimmetrie capacitive* a valori praticamente trascurabili entro l'intervallo di 1800 metri (distanza delle *bobine Pupin*, vedasi in seguito).

Dopo queste importanti considerazioni, osserviamo il cavo stesso. Nella fig. 3 sono visibili in sezione alcuni cavi telefonici. Il *tipo oggi più usato* è quello cosiddetto « *a bicoppie a stella* », che si distingue dal tipo « *a coppie e bicoppie* » o « *tipo DM* » (Dieselhorst-Martin). In quest'ultimo tipo *i conduttori sono cordati a due a due, a formare le coppie; le coppie sono pure cordate a loro volta a due a due, e formano le bicoppie.* Nel cavo con *cordatura a stella i quattro conduttori di una bicoppia sono cordati contemporaneamente*

Fig. 4

tutti assieme.

Nei cavi multipli tutti i conduttori sono contrassegnati mediante fili colorati.

Nella fig. 4 si vede come vengono preparati i differenti conduttori di un cavo per effettuare le misure.

Le tre *raggere* di conduttori dimostrano chiaramente la costituzione stratiforme del cavo.

A titolo di confronto con la linea aerea vi daremo i valori dell'*impedenza caratteristica* e dell'*attenuazione* di un *campo a conduttori di rame* da 1,4 mm .

L'*impedenza caratteristica* è di soli 140 ohm. L'*attenuazione chilometrica* raggiunge invece il valore $\beta = 0{,}085$ neper, molto superiore a quello che si riscontra nelle linee aeree. Ripensando al *diagramma del livello* riportato alla fig. 34 della Dispensa N. 18, comprenderete facilmente che nel cavo comune è necessario predisporre degli amplificatori a distanze molto più ravvicinate che nelle linee aeree. Se si fossero costruiti già in passato degli amplificatori efficienti come quelli d'oggi, non si sarebbero probabilmente neanche introdotti i vari artifici costruttivi per la riduzione dell'attenuazione, che sono tuttora in uso in molte linee. Poichè non sono ancora stati completamente abbandonati, ce ne occuperemo brevemente qui di seguito.

Il cavo Krarup

Come abbiamo visto nel paragrafo precedente, la capacità mutua dei cavi non può essere ridotta sotto certi limiti. Per diminuire l'attenuazione, si può ricorrere però ad un accrescimento dell'induttanza, come risulta dalla formula (67). A questo scopo si avvolge del filo di ferro attorno ai conduttori del cavo. L'effetto del ferro è identico a quello del nucleo ferromagnetico nei trasformatori e nelle impedenze.

Più recentemente si è incominciato a usare, a questo scopo, un materiale speciale, il *permalloy*, che possiede qualità magnetiche eccezionalmente favorevoli; si tratta di una *lega particolare di ferro e nichel*. È facile comprendere che un cavo di questo genere diventa assai costoso; il metodo dell'*avvolgimento con filo di ferro* si può del resto applicare soltanto *per i cavi relativamente semplici, con poche coppie*.

Questi cavi, detti « *cavi Krarup* » sono stati usati perciò principalmente *nei collegamenti sottomarini*, dove appunto non esisteva altra possibilità.

Il cavo Pupin

L'inventore Pupin ebbe un'idea del tutto rivoluzionaria per i collegamenti coi cavi interurbani. Egli affermava che, inserendo delle bobine ad alta induttanza nel corso della linea, si poteva ottenere una notevole diminuzione dell'attenuazione, come nel *sistema Krarup*. La fig. 5 mostra in che modo si debbano inserire le bobine nella linea. Le induttanze del conduttore d'andata e di quello di ritorno sono avvolte sul medesimo nucleo ad anello, e precisamente in modo che gli effetti magnetici non si annullino, ma si rinforzino. Però non bisogna mettere le bobine a distanze troppo elevate tra loro. Le distanze in uso attualmente si aggirano attorno ai 2 km .

Fig. 5

Pensate un po' cosa vuol dire inserire ogni 2 km una bobina, in ciascun conduttore di un cavo interurbano!

Eppure il successo diede ragione a Pupin. Sui cavi *pupinizzati* si possono infatti attuare conversazioni telefoniche fino alla distanza di 100 km e più, senza dover inserire degli amplificatori. Si pensò che, aumentando sempre più il valore delle induttanze, si potesse diminuire a piacimento l'attenuazione. Ciò era giusto, ma quale strano linguaggio usciva da queste linee esageratamente pupinizzate! Le frequenze vocali basse venivano trasmesse regolarmente, ma quelle al di sopra dei 2000 Hz, che pure sono molto importanti per la determinazione del timbro della voce e per la formazione dei suoni sibilanti, risultavano quasi completamente soppresse. Le bobine facevano infatti da impedenze, per queste frequenze, e il linguaggio trasmesso risultava estremamente cupo.

La forte pupinizzazione delle linee con bobine da 0,2-0,5 H non è compatibile con le odierne esigenze della riproduzione sonora. Si vuole evitare che la *frequenza limite* della *linea Pupin*, quella cioè che chiude la gamma delle frequenze trasmesse, si trovi in basso.

Si è così stabilita la pupinizzazione con bobine da 35-50 mH, con le quali si ottiene il limite verso i 4000-5000 Hz.

Nei tempi più recenti l'impiego delle *linee Pupin* è andato sempre più riducendosi, dato che si è pervenuti ad ottenere delle qualità favorevoli di trasmissione con altri mezzi, soprattutto con l'aiuto di *amplificatori*.

Tratteremo in un successivo Capitolo di questo ramo nuovissimo della tecnica, che si chiama « *telefonia a frequenze vettrici* ». Per intanto abbiamo voluto darvi alcune nozioni fondamentali sulle *linee Pupin*.

Domande

1. Come si chiama il tipo di isolamento usato nei cavi telefonici?
2. Come si effettua la compensazione della capacità nei cavi telefonici?
3. Di che materiale sono costituiti i conduttori dei cavi telefonici e che spessore hanno?
4. Quali sono i sistemi usati per ridurre l'attenuazione dei cavi telefonici?
5. A che serve la spiralatura dei conduttori con filo di ferro, usata nei cavi Krarup?

Risposte

1. L'isolamento dei cavi telefonici si chiama « *isolamento in carta ed aria* ».
2. La compensazione di capacità si effettua, inserendo un condensatore di capacità adeguata, in parallelo ai conduttori con la minima capacità mutua.
3. I conduttori dei cavi telefonici sono di rame, nei diametri di 0,6-0,8 mm per i cavi locali, e di 0,9-1,4 mm per i cavi interurbani.
4. I sistemi per la riduzione dell'attenuazione dei cavi sono i sistemi Pupin e Krarup.
5. La spiralatura dei conduttori dei cavi con filo di ferro (o meglio di *permalloy*) serve ad ottenere un aumento dell'induttanza. Il filo di ferro ha lo stesso effetto del nucleo magnetico di un trasformatore.

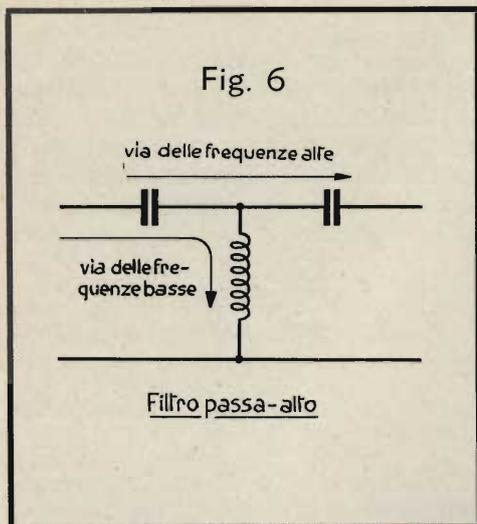
LINEE AEREE E CAVI (Seguito)

Facciamo un altro paragone tra le linee per il trasporto dell'energia e quelle di telecomunicazione. Le linee di corrente forte sono collegate stabilmente con i consumatori, attraverso i posti di distribuzione e le stazioni di trasformazione. Esse devono trasportare l'energia senza soverchie perdite. L'entità dell'energia da trasportare determina l'intensità della corrente e quindi la sezione dei fili. Nelle telecomunicazioni interurbane bisogna invece mettere le linee a disposizione di una qualsiasi coppia di utenti, che desiderino entrare in collegamento reciproco. Per il collegamento tra due grandi città occorrono quindi *tante linee, quante sono le comunicazioni richieste contemporaneamente nell'ora del massimo traffico*, la cosiddetta « *ora di punta* ». Ciò significa che, per il resto della giornata, una parte più o meno grande delle linee disponibili rimarrà inutilizzata. Le linee non sfruttate sono però un peso morto, che aumenta il costo degli impianti.

L'utilizzazione delle linee di telecomunicazione

Si riconobbe ben presto che il rendimento economico degli impianti di telecomunicazione era tanto migliore, quanto più si riusciva a sfruttare la parte più costosa degli impianti, cioè *le linee*. Per le ragioni dianzi esposte non era possibile ridurre il numero delle linee interurbane. Si giunse però all'idea di *utilizzare le linee contemporaneamente per il traffico telefonico e per quello telegrafico*. Si scoperse, infatti, che, per ottenere la trasmissione di un linguaggio perfettamente comprensibile, non occorrono affatto le frequenze inferiori ai 300 hertz. Perciò queste frequenze si eliminano dal linguaggio per mezzo di *speciali filtri passa-alto*, di cui la fig. 6 mostra lo schema di principio.

Fig. 6

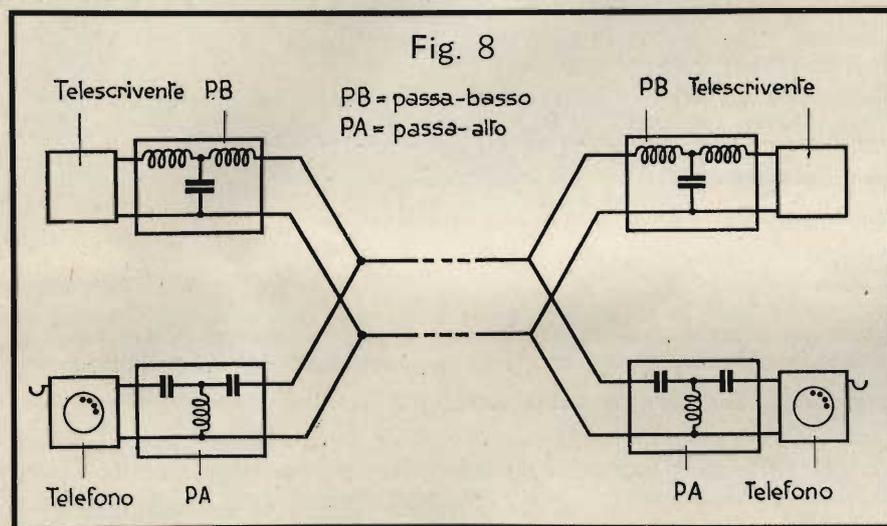
Fig. 7

Il miscuglio di frequenze di cui è composto il linguaggio entra nel filtro da sinistra. Le frequenze basse superano con difficoltà il primo condensatore.

La parte che riesce a passare viene trattenuta dal secondo condensatore e prende la via del ritorno attraverso la bobina d'induttanza, che è facilmente attraversata dalle basse frequenze. Le frequenze più elevate non hanno invece alcuna tendenza a passare per la bobina: esse attraversano con maggiore facilità i condensatori e proseguono nella linea.

L'effetto del *filtro passa-alto* si moltiplica aggiungendo altri complessi filtranti della medesima costituzione. A questo modo si risolve il primo problema, cioè la soppressione delle frequenze basse del linguaggio. *Queste frequenze basse sono invece proprio quelle che vengono utilizzate dalle telescriventi, poichè gli impulsi di « corrente » e di « assenza di corrente » costituiscono per l'appunto una corrente continua pulsante, che contiene quindi una corrente alternata di bassa frequenza.*

Fig. 8

PB = passa-basso
PA = passa-alto

Telescrivente PB
PB Telescrivente
Telefono PA
PA Telefono

È quindi possibile far funzionare una telescrivente nella banda inferiore ai 300 Hz, mentre contemporaneamente si effettua sulla medesima linea un collegamento telefonico. Naturalmente bisogna provvedere anche presso la stazione ricevente e separare il miscuglio di frequenze, in modo da addurre le frequenze basse soltanto all'apparecchio telescrivente, per non disturbare il collegamento telefonico.

Un *filtro passa-alto*, identico a quello che, all'ingresso della linea, sopprime le frequenze basse provenienti dall'apparecchio telefonico trasmittente, impedisce, all'estremità della linea, che le frequenze usate per la telegrafia pervengano al ricevitore telefonico.

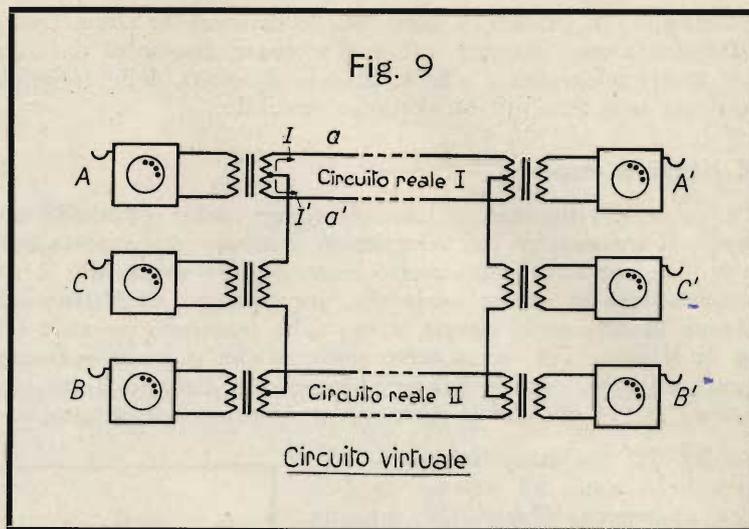
Affinchè anche nelle telescriventi non entrino e non escano altre frequenze che quelle basse, si antepone ad esse, all'inizio ed alla fine della linea, un *filtro passa-basso*, analogo a quello della fig. 7.

La denominazione ed il funzionamento di questo filtro vi sono certamente comprensibili senza ulteriori spiegazioni.

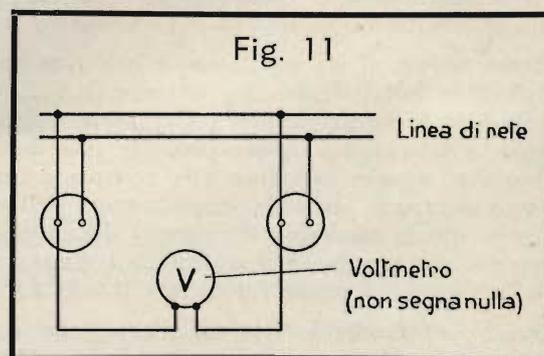
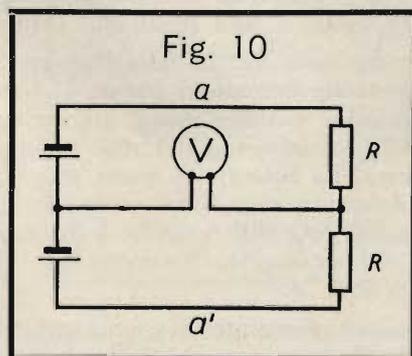
L'intiero impianto di trasmissione risulta costituito schematicamente come si vede nella fig. 8. Il punto di diramazione, alle estremità della linea, costituisce un bivio, ove le frequenze alte procedono automaticamente in direzione del telefono, quelle basse in direzione della telescrivente. Questo dispositivo tornerà utile anche in seguito per altre applicazioni. Abbiamo conosciuto così uno dei pilastri su cui si basano i moderni sistemi di *telefonia multipla a frequenze vettrici*. Questo sistema, che utilizza una linea telefonica per l'inoltro delle comunicazioni telegrafiche, si chiama « *telegrafia infracustica* ».

Il circuito virtuale

Si dice « *virtuale* » una cosa che non è reale. Ed effettivamente il *circuito virtuale* è un circuito che non esiste, perchè non si giova di un'apposita linea. Esso viene anche chiamato « *circuito fantasma* ». Si tratta di questo: disponendo di due coppie telefoniche, è possibile realizzare un terzo collegamento, mediante l'aggiunta di alcuni dispositivi speciali.

Nella fig. 9 è rappresentato lo schema di una *bicoppia* con formazione di *circuito virtuale*. La *bicoppia*, costituita da due coppie, ossia da quattro conduttori, consente di realizzare un terzo collegamento. Gli utenti *A* e *A'*, come pure *B* e *B'*, sono collegati tra loro attraverso una normale linea a due fili. Le due linee costituiscono i *circuiti reali I* e *II*. I trasformatori posti alle estremità delle linee non sono niente di speciale, poichè è uso di allacciare le linee interurbane, nelle centrali, attraverso trasformatori con rapporto 1 : 1, oppure 2 : 1, detti anche « *traslatori telefonici* ». La terza coppia di utenti, *C* e *C'*, è allacciata alle linee reali per mezzo di due altri *traslatori*.

Per comprendere il funzionamento e le necessarie precauzioni, seguiamo il circuito della corrente telefonica. Cominciamo col collegamento *C-C'*. Supponiamo che l'utente *C* stia parlando; perciò, in termini elettrotecnici, abbiamo una corrente alternata nel trasformatore dell'utente *C*. Questa corrente si suddivide in due parti nella presa centrale del secondario del trasformatore *A*. Le due metà del trasformatore sono percorse dalla corrente in senso opposto, come si vede nello schema. Posto che le due metà dell'avvolgimento siano uguali e che lo siano anche i conduttori *a*, *a'* che se ne dipartono, le correnti *I* e *I'* saranno uguali. Le tensioni indotte nel primario del trasformatore in *A* risultano quindi uguali e opposte, e si annullano a vicenda. Date le ipotesi sopramenzionate, l'utente *A* non può essere disturbato da *C*. Le correnti, diramantisi dalla presa intermedia del trasformatore in *A*, si riuniscono nuovamente nella presa intermedia del trasformatore in *A'*, dopo averne percorso le due metà dell'avvolgimento secondario. Tale e quale come in *A*, anche in *A'* queste correnti non sortono alcun effetto.

Lo scopo di questo collegamento è facile da comprendere. Grazie ai trasformatori simmetrici in *A* e *A'*, i conduttori *a* e *a'* risultano collegati in parallelo, costituendo la linea di andata per l'utente *C*. È facile immaginare che i conduttori del *circuito reale II*, essendo anch'essi collegati in parallelo per mezzo dei trasformatori, serviranno da linea di ritorno per *C*. Le cose non cambiano per nulla qualora, invece che da *C*, si parli da *C'* il che è perfettamente lo stesso. Ora rimane da esaminare quello che accade quando si ha il collegamento tra *A* e *A'*. È chiaro che i conduttori *a* e *a'* collegano tra loro i due utenti *A* e *A'*, come appunto si richiede. A condizione che sia rispettata la completa simmetria del circuito, il collegamento di *C* con *C'* non potrà essere disturbato da *A*, *A'*; per convincersi di ciò, basta considerare lo schemino della fig. 10, nel quale si considerano correnti continue e resistenze ohmiche. Le due pile, segnate a sinistra, erogano la medesima tensione, per esempio 4 V. Se anche le due resistenze sono uguali, per esempio $R = 100$ ohm, la corrente circolante risulta uguale a $\frac{4 \,.\, 2}{100 \,.\, 2} = 0{,}04 \text{ A} = 40 \; mA$.

In ciascuna resistenza si ha una caduta di tensione pari a $100 \,.\, 0{,}04 = 4 \; V$. I punti centrali, ai quali è allacciato il voltmetro, presentano quindi la medesima tensione verso le due linee, cioè tanto verso *a* che verso *a'*. Il voltmetro non indicherà quindi alcuna tensione. Pensate, per esempio, che un voltmetro, inserito tra uno dei poli di due diverse prese di corrente, come è rappresentato nella fig. 11, non indica alcuna tensione, qualora per caso sia allacciato al medesimo conduttore in entrambe le prese.

Il *circuito virtuale* risponde alle condizioni sopra descritte. Quando parla l'utente *A*, il suo trasformatore costituisce, in certo modo, la sorgente di corrente alternata divisa a metà dalla presa intermedia. I conduttori *a* e *a'* e le due metà dell'avvolgimento in *A'* costituiscono le due resistenze uguali della fig. 10. Ne deriva che tra le prese centrali di *A* e *A'* non può sussistere alcuna tensione. Pertanto non vi può essere alcun effetto disturbatore, nè in *C* nè in *C'*. Per la direzione di trasmissione opposta, da *A'* verso *A*, e per il secondo circuito reale, le condizioni sono identiche. Concludendo, vediamo che, con il solo aiuto di pochi trasformatori, è possibile ottenere tre vie di comunicazione con due sole coppie di conduttori. Il *circuito virtuale* utilizza i conduttori del circuito reale *I*, collegati in parallelo, per l'andata, e quelli del circuito reale *II* per il ritorno, o viceversa.

Purtroppo, in pratica, è ben difficile ottenere la simmetria perfetta dei collegamenti. Ne conseguono disturbi di diafonia tra i circuiti reali e il virtuale. Spesso ci si limita perciò ad utilizzare il *circuito virtuale* per collegamenti telegrafici e allora, date le diversità delle frequenze che, come abbiamo visto, sono in giuoco, la diafonia non reca più un disturbo sensibile.

Il sistema duplice

Un notevole risparmio di linee si ottiene anche col cosiddetto « *sistema duplice* » (fig. 12). Questo sistema consente di trasmettere dei telegrammi contemporaneamente nelle due direzioni, su un'unica linea, che può essere a un filo, con ritorno attraverso terra, oppure a due fili. Si può quindi fare in modo che, sulla stessa linea, il trasmettitore di una telescrivente, per esempio, di Milano azioni il ricevitore di un'analoga apparecchiatura di Roma, mentre quest'ultima, a sua volta trasmette un altro telegramma al ricevitore della medesima telescrivente di Milano. Voi sarete certo sorpreso che si possa realizzare un procedimento di questo genere senza reciproci disturbi, eppure noi ne abbiamo già discusso l'attuazione per un caso simile. Rileggete perciò nella Dispensa N. 14 ciò che si dice sull'*attenuazione di auto-ascolto*.

Fig. 12

Linea

I I' R r

Stazione A

Stazione B

La fig. 12, per semplificazione, mostra lo schema del *sistema duplice con apparecchi Morse*, che possono però essere sostituiti con qualsiasi tipo di telescrivente. Per questa ragione, nel circuito di linea, il ricevitore Morse, non è collegato direttamente, ma vi è inserito un *relé*. Si tratta di un cosiddetto « *relé differenziale* », di cui spiegheremo meglio le caratteristiche.

Mettiamo dunque nuovamente in chiaro che i ricevitori telegrafici devono funzionare soltanto a seguito degli impulsi provenienti dalla stazione collegata, ed essere insensibili a quelli emessi dalla propria stazione. Quando nella stazione A si preme il tasto, la batteria viene allacciata alla presa centrale del *relè differenziale*. Si formano allora le correnti I, che va in linea, e I', che attraverso alla resistenza R va a terra.

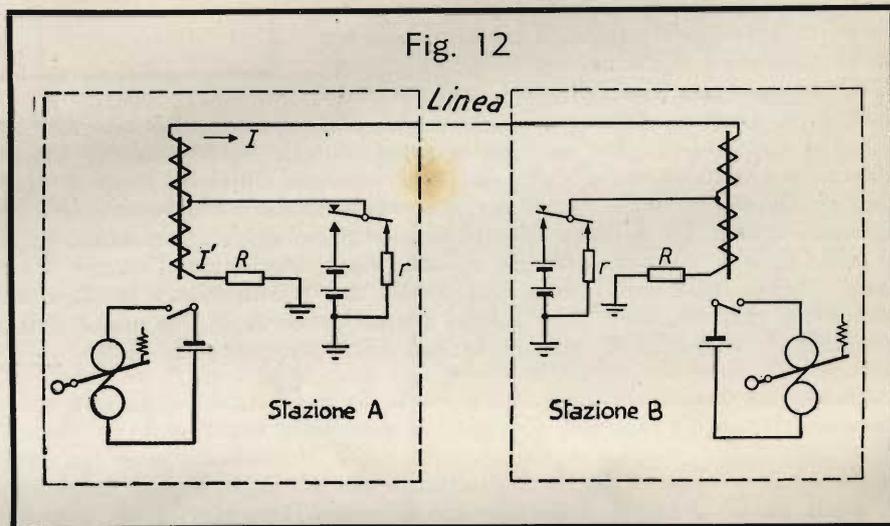
Vediamo che cosa avviene nella stazione A. Le correnti I e I' eccitano il *relè differenziale* in senso opposto; i loro campi magnetici si indeboliscono a vicenda. In definitiva rimane soltanto *la differenza dei due campi*; se i numeri di spire sono uguali, agisce soltanto *la differenza delle due correnti*, ed è perciò che il *relè* si chiama « *differenziale* ».

Abbiamo già posto la condizione che il *relè differenziale* non si debba eccitare, quando viene premuto il tasto telegrafico della medesima stazione. Per ottenere questo risultato, bisogna scegliere il valore di R in modo da ottenere $I' = I$. Dato che la resistenza (o l'impedenza) R assorbe una corrente uguale a quella della linea e costituisce quindi un uguale carico per la batteria, essa si chiama « *linea artificiale* ».

Come vedete, R ha qui la medesima funzione come nella fig. 28 della Dispensa N. 14. Si ottiene quindi, come primo risultato, di non far attrarre il *relè differenziale* quando si preme il tasto della stazione A, e si evita quindi la registrazione del telegramma trasmesso dalla stazione stessa. La corrente I passa poi, attraverso la linea, alla stazione B, ove percorre una metà dell'avvolgimento del *relè differenziale*, quindi la piccola resistenza r, uguale in valore alla resistenza interna della batteria, e passa alla terra. Una piccola parte di corrente attraversa anche la seconda metà dell'avvolgimento e la linea artificiale R. Entrambe le correnti, però, hanno qui la medesima direzione; di conseguenza il *relè differenziale* della stazione B attrae nel ritmo degli impulsi di tasteggio e si ottiene la registrazione del messaggio. Analogamente anche gli impulsi provenienti dalla stazione B fanno funzionare il relè della stazione A.

Quando entrambe le stazioni trasmettono contemporaneamente, i propri *relè differenziali* non vengono eccitati, come abbiamo già spiegato. Cosa avviene però, nei momenti in cui sono premuti entrambi i tasti? In tal caso *le due batterie* risultano *collegate in opposizione* attraverso la linea, la quale rimane quindi priva di corrente, come pure la metà superiore dei relè. Passa invece corrente, proveniente dalla propria batteria, attraverso alla metà inferiore del relè ed alla linea artificiale. Pertanto, entrambi i ricevitori vengono azionati, come doveva effettivamente essere. Non appena uno dei tasti viene abbandonato, si presentano nuovamente le condizioni descritte precedentemente e rimane eccitato soltanto il *relè differenziale* della stazione opposta.

Il *sistema duplice* rappresenta, per i collegamenti telegrafici, un risparmio del 50 % di materiali di linea, nell'ipotesi, naturalmente, che le necessità di traffico da A verso B siano le stesse come da B verso A.

In telefonia questo sistema non ha altra applicazione che quella dell'*attenuazione d'auto-ascolto*, poichè generalmente i due interlocutori non usano parlare contemporaneamente.

Domande

1) Come si fa per sfruttare meglio una linea telefonica?
2) Che cosa sono i filtri passa-basso e passa-alto?
3) Che cos'è un circuito virtuale?
4) Che cos'è un relè differenziale, e dove s'impiega?

TELEFONIA

GLI AMPLIFICATORI

L'introduzione delle valvole termoioniche amplificatrici inaugurò una nuova era anche nella telefonia su fili. Gli impulsi di una telescrivente, indeboliti dopo aver percorso una linea molto lunga, possono essere facilmente rinnovati con l'aiuto di relè e di batterie locali, ma per la trasmissione della parola questo mezzo non è applicabile.

Anche l'applicazione dell'*amplificatore a valvole* non è però scevra di difficoltà. Voi sapete che una valvola funziona da amplificatrice quando alla sua griglia si applica una tensione alternata. La tensione amplificata si preleva ai capi della resistenza anodica. Come è possibile inserire un amplificatore di questo genere in una linea a due fili, nella quale vanno amplificate le conversazioni dirette in entrambi i sensi?

Non si presenta infatti quasi mai il caso del cosiddetto « *collegamento a 4 fili* » di due apparecchi telefonici, nel quale, cioè, il microfono di un apparecchio è collegato direttamente col ricevitore dell'altro, e viceversa, mediante due linee bifilari separate. Generalmente i collegamenti dei singoli utenti con le rispettive centrali sono a due soli fili, per entrambe le direzioni. Ciò nonostante *i sistemi attualmente usati funzionano con un amplificatore separato per ciascuna delle direzioni di conversazione.* A seconda che il collegamento interurbano venga effettuato mediante una o due linee a due fili, si parla di « *sistema a due fili* » oppure di « *sistema a quattro fili* ».

L'amplificatore a due fili

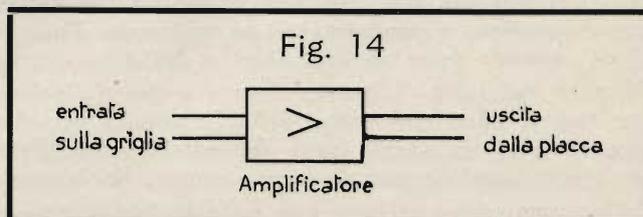
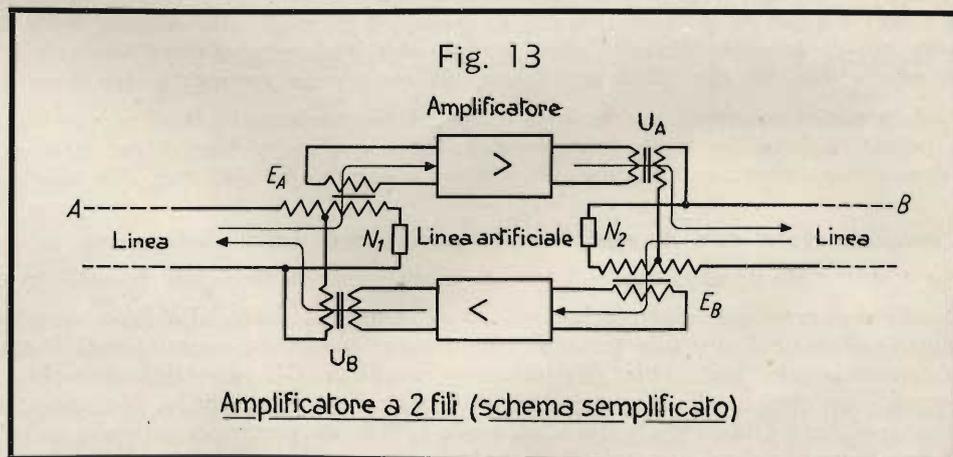
Il *collegamento interurbano* si serve di *una coppia di conduttori.* Nei punti d'amplificazione intermedi le due direzioni di conversazione devono essere separate, amplificate ciascuna per proprio conto e poi di nuovo riunite. La fig. 13 mostra lo schema di principio dell'*amplificatore a due fili.* Avete già incontrato altre volte dei sistemi simili, per esempio nell'*attenuazione di auto-ascolto* e nel *sistema duplice,* ove pure la possibilità di collegamento in una determinata direzione era resa impossibile dall'uso di uno schema particolare. Anche qui è molto importante la cosiddetta « *linea artificiale* ».

Fig. 13

Amplificatore a 2 fili (schema semplificato)

Occorrono inoltre i noti *trasformatori con presa centrale.* Per comprendere meglio lo schema, conviene seguire la corrente nelle singole parti dell'amplificatore. Le frecce indicano la direzione d'inoltro della conversazione.

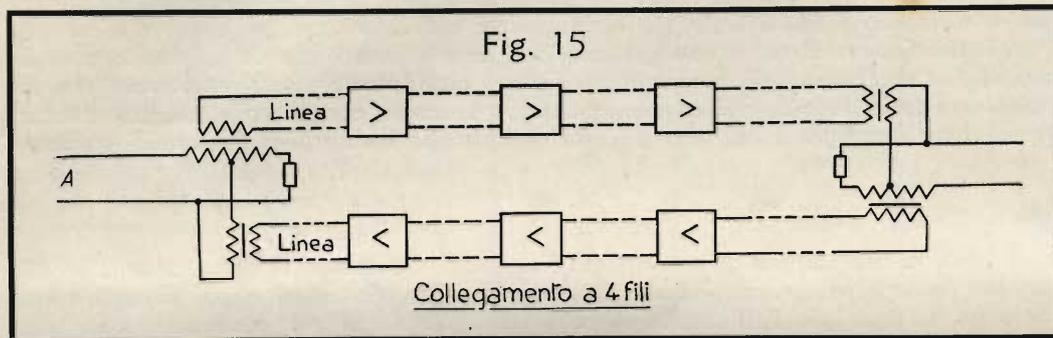
Le correnti foniche provenienti da *A* passano attraverso l'avvolgimento primario del *trasformatore d'entrata* E_A, che adduce all'*amplificatore superiore,* quindi ritornano, parte attraverso la *linea artificiale,* e parte attraverso il secondario del *trasformatore d'uscita* U_B dell'*amplificatore inferiore.* Il simbolo schematico dell'amplificatore va inteso come risulta dalla fig. 14. Il trasformatore d'entrata E_A inoltra la tensione alternata alla griglia dell'*amplificatore superiore,* mentre l'*amplificatore inferiore* non può risentire alcuna influenza dal lato anodico. L'*amplificatore superiore* trasferisce la conversazione e la fa proseguire attraverso al *trasformatore d'uscita* U_A .La corrente fonica, uscendo dal secondario di quest'ultimo, si suddivide nella presa centrale del *trasformatore d'entrata* E_B, fluendo, da una parte, nella linea verso *B,* dall'altra, nella *linea artificiale.* Se la corrente che va nella linea è uguale a quella che circola nella linea artificiale, il secondario del trasformatore d'entrata E_B non rimane influenzato e la conversazione non perviene all'*amplificatore inferiore.* In mo-

Fig. 14

do analogo si può seguire il circuito nel caso di una conversazione diretta da *B* verso *A* e inoltrata dall'*amplificatore inferiore.*

Lo svantaggio del dispositivo descritto sta nel fatto che tanto la *potenza fonica in arrivo*, quanto *quella in uscita*, vengono ridotte per effetto delle *linee artificiali N1* e *N2*, che costituiscono pertanto un'*attenuazione* supplementare. Ciò che conta, però, è che, con questo sistema, si riesce a realizzare l'amplificazione in entrambe le direzioni. Naturalmente le linee artificiali non possono essere in grado di assolvere perfettamente al loro compito per tutte le frequenze. In tal caso certe correnti alternate, dall'uscita di un amplificatore, riescono a pervenire all'entrata dell'altro; si formano dei cosiddetti « *canali di accoppiamento* ». Questi sono particolarmente attivi per una determinata frequenza, tanto che, in certe condizioni, il complesso dei due amplificatori può diventare un generatore di oscillazioni di quella determinata frequenza: si forma così un *suono* o *fischio*. Il pericolo di fischi aumenta quando diversi amplificatori vengono inseriti in serie nella medesima linea a due fili; infatti allora i difetti, dovuti alle *linee artificiali*, si sommano.

In generale, è possibile inserire nella stessa linea a due fili *fino a cinque amplificatori* senza dover temere inconvenienti. Prima che si manifesti effettivamente una frequenza di disturbo, bisogna infatti che la tensione di reazione raggiunga un certo valore minimo.

L'amplificatore a quattro fili

L'*amplificatore a due fili* testè descritto *non può essere impiegato nei collegamenti molto lunghi. Per le grandi distanze* non resta altro che prevedere, da una centrale all'altra, *una coppia di conduttori separata per ciascuna direzione di trasmissione.* Si possono inserire allora quanti amplificatori si vogliano e si supera così qualsiasi distanza. Soltanto alle estremità della linea a quattro fili vanno previsti dei *dispositivi speciali.* Infatti le linee, che collegano gli utenti alle rispettive centrali, sono sempre a due fili soltanto.

La *linea a quattro fili* è quella che *collega tra loro le centrali interurbane.* Se osservate attentamente la figura 13, troverete subito voi stesso la soluzione del problema. Infatti anche negli *amplificatori a due fili* la *linea* diventa *a quattro fili* subito prima degli amplificatori. Nulla cambia fondamentalmente se, invece di avere un solo stadio amplificatore, ne mettiamo due o più ancora, e se poi questi costituiscono degli amplificatori a sè stanti e separati da lunghi tratti di linea, si perviene allo schema della fig. 15, senza cambiare nulla nel principio di funzionamento. Vedete quindi che il *sistema d'amplificazione a quattro fili* non è altro che un *sistema a due fili con più amplificatori in serie* nella medesima direzione di trasmissione.

I caratteristici *terminali* ove le linee a due fili si scindono in *linee a quattro fili*, sono chiamati « *forcelle* » e sono costituiti dai *due trasformatori* e dalla *linea artificiale.* Mentre nel *sistema a due fili* abbiamo *una forcella* prima e dopo ogni amplificatore, nel *sistema a quattro fili* abbiamo *due sole forcelle* alle estremità della linea.

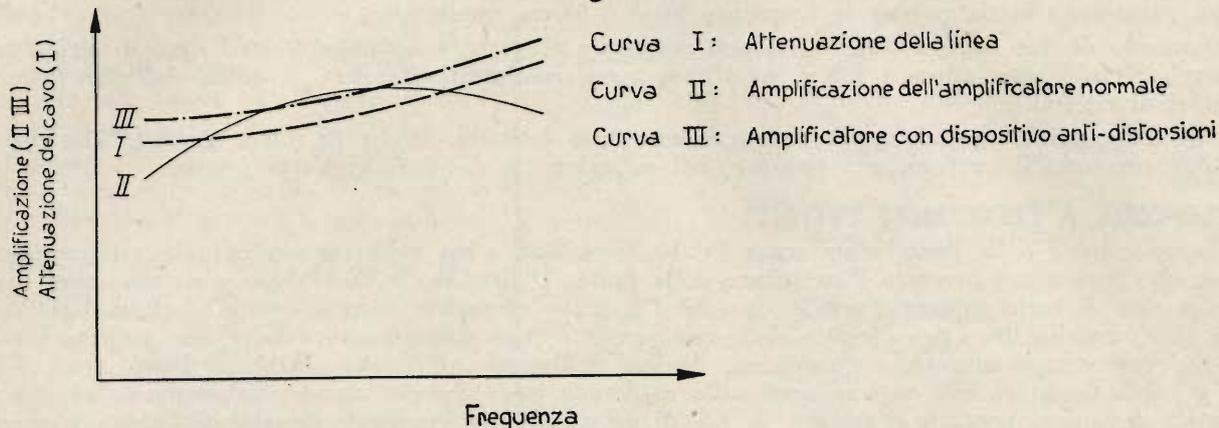
L'amplificatore con dispositivo compensatore delle distorsioni

Forse avrete già pensato che, nel caso di trasmissione su linea, si fa addirittura uno spreco di amplificatori.

Perchè mai non basta mettere un solo amplificatore in fondo alla linea, come nei collegamenti radiofonici? Ci sono varie ragioni per non farlo. L'attenuazione nei cavi è tanto elevata che, senza amplificatori, dopo 200 km la conversazione risulterebbe praticamente annullata. Gli inevitabili disturbi raggiungerebbero l'ampiezza delle correnti foniche, e allora qualsiasi amplificazione sarebbe inutile. Voi proporreste forse di amplificare le correnti foniche all'inizio della linea, in modo sufficiente per poter superare tutta la distanza. Ma anche questo non si può fare.

Nei cavi sono riunite infatti sempre numerose coppie di conduttori. Se si immettessero nei cavi delle potenze così rilevanti, non si potrebbero evitare le influenze reciproche tra le varie coppie (*diafonie*). È invece necessario che il livello della trasmissione sia mantenuto, nelle varie coppie, su valori non troppo differenti dall'una all'altra. Per questa ragione si inseriscono degli amplificatori a intervalli che, secondo il tipo del cavo, vanno dai 70 ai 140 km. Gli amplificatori usati sono di tipo molto semplice, costituiti da una sola valvola per ciascuna direzione, e precisamente da un *triodo.* Poichè basta un'amplificazione di circa 3 neper, che corrisponde ad un aumento della tensione di $e^3 = 2{,}718^3 = 20$, un *triodo* è ancora sufficiente.

Un altro vantaggio di questo sistema è che *il livello risulta sempre, in fondo alla linea, di valore piuttosto costante*, indipendentemente dalla lunghezza occasionale della linea inserita, essendo l'attenuazione compensata, via via, nei singoli tratti del collegamento. Prima di esaminare la struttura, relativamente semplice, di uno stadio amplificatore di questo genere, dobbiamo discutere un altro problema.

Nella trasmissione su cavo non tutte le frequenze vengono trattate nello stesso modo. La curva I della fig. 16

mostra schematicamente *la dipendenza dell'attenuazione dalla frequenza trasmessa.* (*L'attenuazione dipende però anche dalla lunghezza della linea, dalla formazione del cavo e dal genere di pupinizzazione*). Dalla curva risulta che le *frequenze più alte* sono in notevole *svantaggio.* Un comune *amplificatore di BF con accoppiamento a trasformatore* darebbe un'*amplificazione dipendente dalla frequenza secondo la curva II.* Le frequenze più alte sarebbero quindi svantaggiate per la seconda volta in una linea lunga con molti amplificatori esse risulterebbero ridotte sempre più. È ovvio che rispetto alla frequenza, l'amplificazione debba presentare, all'incirca lo stesso andamento dell'attenuazione del cavo, affinchè sia possibile una trasmissione ineccepibile. La curva III rappresenta questo desiderio espresso graficamente. Per ottenere questo andamento favorevole, si inseriscono i cosiddetti « *dispositivi compensatori di distorsione* » (fig. 17).

L'effetto del dispositivo è facilmente comprensibile. L_0, R_0, C_0 formano un *circuito oscillante in parallelo*, con forti perdite. Nei pressi della *frequenza di risonanza*, che si trova nella regione delle *frequenze medie* della fig. 16, il circuito presenta la massima resistenza; tali frequenze vengono quindi maggiormente ostacolate sulla via della griglia-pilota e *risultano amplificate meno delle altre.* Il *condensatore* in serie C_1 lascia *passare molto bene* le *frequenze alte*, che si avvantaggiano così per due volte nel *dispositivo antidistorsioni.* Le *frequenze medie* sono *un po' indebolite* dal circuito osciliante, mentre il condensatore C_1 ha scarso effetto su di esse. Le *frequenze basse*, che devono invece esser poco amplificate, trovano un ostacolo nel condensatore C_1. Scegliendo opportunamente i valori di L_0, C_0, R_0 e C_1 si riesce ad ottenere l'andamento giusto, rappresentato nella curva III della fig. 16.

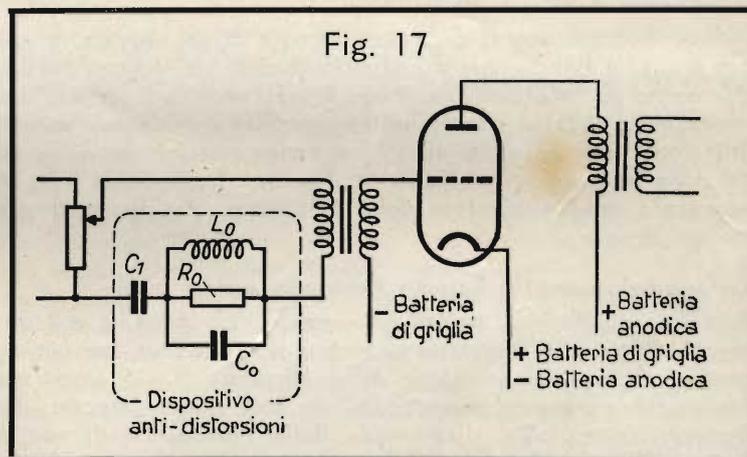
Negli *amplificatori telefonici*, come quello della fig. 17, si impiegano effettivamente delle *batterie*; ciò conviene, perchè nella medesima centrale sono sempre riuniti numerosi amplificatori uguali, che si possono alimentare con la medesima batteria.

Queste spiegazioni costituiscono un'introduzione adeguata ai problemi della telefonia su fili, così da permetterci di affrontare i più moderni sviluppi di questa tecnica, che si concretano nella *telefonia a frequenze vettrici.*

Domande

1. Perchè per la telefonia su linee non si possono usare degli amplificatori comuni?
2. Quali sono i sistemi usati per l'inserzione degli amplificatori nelle linee?
3. Qual è il sistema d'amplificazione telefonica che si può usare nelle linee di qualsiasi lunghezza?
4. Che cos'è il dispositivo di compensazione delle distorsioni negli amplificatori telefonici?
5. Qual è il valore dell'amplificazione in un singolo stadio amplificatore telefonico?

Risposte alle domande di pag. 9

1. Per utilizzare maggiormente una linea telefonica, si separano mediante un filtro passa-alto le frequenze basse, che non interessano per la trasmissione del linguaggio, e si utilizza il campo delle frequenze basse per la realizzazione di collegamenti telegrafici (telegrafia infracustica).

2. Un filtro passa-alto è un assieme di condensatori e di bobine, con due morsetti d'entrata e due morsetti d'uscita, fatto in modo da lasciar passare le frequenze alte e da bloccare quelle basse. Analogamente un filtro passa-basso lascia passare le frequenze basse e blocca quelle alte.
3. Disponendo di due linee a due fili, si può realizzare un terzo collegamento con l'aiuto di alcuni trasformatori. Si utilizzano allora i fili di una linea come conduttori d'andata, e quelli dell'altra come conduttori di ritorno.
4. Il relè differenziale possiede un avvolgimento con presa centrale, il che lo rende sensibile alla differenza di due correnti. Si impiega, per esempio, nel collegamento duplice delle telescriventi.

LA TELEFONIA A FREQUENZE VETTRICI

Lo sviluppo enorme delle trasmissioni senza fili ha fecondato, a sua volta, la tecnica delle telecomunicazioni su linea, che pure aveva precorso l'invenzione della radio. D'altronde anche l'etere non può essere caricato illimitatamente di onde elettromagnetiche, poichè l'esigenza essenziale rimane quella dell'intelligibilità. La idea di ricorrere alle linee per l'inoltro delle radio-onde è però abbastanza ovvia. Come nell'etere è possibile eseguire contemporaneamente trasmissioni diverse, utilizzando differenti lunghezze d'onda, così è ugualmente possibile inoltrare più conversazioni sulla medesima linea, purchè ognuna sia assegnata ad una determinata *alta frequenza portante o vettrice*. In via di principio è perfettamente uguale che l'antenna raccolga le onde dell'etere o che vengano convogliate al ricevitore diverse onde, lungo la medesima linea. Com nella radio, è possibile accordare il circuito d'entrata del ricevitore, in modo da selezionare l'onda voluta, per amplificarla e demodularla. Impiegando delle linee per l'inoltro delle onde, si evita di dover immettere nell'etere anche le onde di telefonia, e questo è molto vantaggioso, data la scarsità di onde disponibili. Dal punto di vista delle linee, invece, ciò significa, ripetiamolo nuovamente, che si rende possibile la trasmissione contemporanea di parecchie comunicazioni attraverso la medesima linea, e quindi un'*utilizzazione molto migliore* di questa.

I cavi di collegamento sono la parte più costosa degli impianti telefonici; la loro sorveglianza e la loro manutenzione sono inoltre anche difficili. Potendo inoltrare diverse comunicazioni nello stesso tempo, sulla medesima linea, si può naturalmente affrontare per questa linea una spesa maggiore. Non dobbiamo però meravigliarci se, nella *telefonia a frequenze vettrici*, molte cose sono differenti che nella radio.

Il sistema a 12 canali

Questa designazione vi dice che si tratta di un sistema, grazie al quale si possono trasmettere *12 conversazioni con una sola linea a due fili*. Trattandosi di un sistema fondamentale per la *telefonia a frequenze vettrici*, ci riferiremo ad esso nell'esaminare i vari problemi tecnici. Intanto è ovvio che occorrano *12 frequenze vettrici*, trascurando il fatto che *è inoltre possibile trasmettere un'ulteriore conversazione direttamente* (ossia senza modulazioni). Per la scelta delle *frequenze vettrici*, entro la vasta gamma delle onde elettromagnetiche, si considerano le *proprietà della linea*. Per una legge fisica, che purtroppo non si può cambiare, l'*attenuazione va crescendo con l'aumentare della frequenza*. Per questa ragione, nel *sistema a 12 canali*, si evitano le frequenze troppo elevate.

La modulazione a banda laterale unica

Andiamo a rivedere, nella Dispensa N. 15, pagg. 1 e 2 qual è il risultato della normale modulazione d'ampiezza. Oltre alla *frequenza portante* si ottengono *due bande laterali* che contengono la notizia o la musica trasmesse. Osservando le figure della Dispensa N. 15 sorge spontaneo il pensiero che tutte le frequenze modulanti debbano essere presenti in una sola banda laterale. Ed effettivamente è possibile ottenere una riproduzione ineccepibile, disponendo della *portante* o di *una sola banda laterale*, non importa se superiore o inferiore. Eliminando una delle bande laterali, si ottiene il doppio di possibilità di trasmissione, nell'ambito di una medesima gamma di frequenza. Forse chiederete perchè non ci si giovi della trasmissione con una sola banda laterale, per combattere la scarsità di onde nelle radiotrasmissioni. Ciò dipende dalla maggiore complicazione che questo sistema comporta nel trasmettitore e nel ricevitore. Il costo maggiore delle stazioni trasmittenti sarebbe sopportabile, ma il prezzo degli apparecchi riceventi aumenterebbe esageratamente; inoltre gli apparecchi radio già esistenti non si potrebbero più usare, data la loro scarsa selettività.

Nella *telefonia a frequenze vettrici* invece il sistema è applicabile, potendosi usare sulle linee separate delle apparecchiature perfettamente identiche, affidate alla manutenzione di competenti. Per di più, come vedremo, tanto il trasmettitore che il ricevitore sono equipaggiati, in gran parte, con le identiche parti principali.

C'è poi un altro fattore che, nella *telefonia a frequenze vettrici*, è della massima importanza. Nella normale modulazione d'ampiezza le bande laterali posseggono delle ampiezze assai inferiori a quelle della portante. Le *forti portanti* avrebbero nei cavi *effetti fastidiosi sulle altre coppie*; ne risulterebbero dei disturbi di *diafonia*. Applicando la modulazione con banda laterale unica si procede, perciò, ad attenuare o addirittura a sopprimere le portanti, che vengono poi nuovamente aggiunte, prima della demodulazione, alla banda laterale trasmessa.

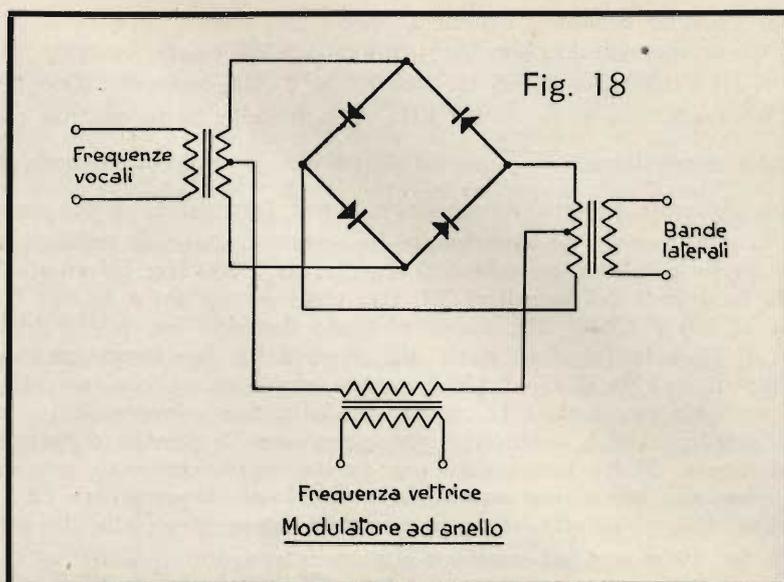
Il modulatore

Il *dispositivo che modula l'AF con la BF, sopprimendo la portante*, si chiama « *modulatore* ». Il risultato della modulazione è costituito dalle due bande laterali, la portante manca quasi completamente. Lo speciale dispositivo, chiamato « *modulatore ad anello* », è rappresentato nella fig. 18. La parte principale, da cui deriva la designazione, è costituita da *quattro raddrizzatori* (si usano dei *raddrizzatori metallici a secco*, che conosce-

rete meglio nella prossima Dispensa) collegati tra loro ad anello. Fanno parte del *modulatore* anche *due trasformatori con presa mediana.* Questa disposizione dei singoli elementi consente di ottenere all'uscita (a destra) le *due sole bande laterali*, cioè *vettrice + banda fonica* e *vettrice — banda fonica.*

Modulatore ad anello

Se, per esempio, si modula una *frequenza vettrice* di 80 kHz con una banda fonica estesa da 300 a 3500 Hz, si ottengono, all'uscita, le due bande delle frequenze comprese da 80 300 a 83 500 Hz e da 76 500 a 79 700 Hz. Il *modulatore ad anello* assolve da solo a due compiti differenti: *compie la modulazione e sopprime la portante.* In questo modo è possibile eseguire la modulazione con tutte le frequenze che possono interessare in pratica; la seguente operazione, che consiste nell'eliminazione di una banda laterale, non è invece più così facile da realizzare.

Osserviamo l'esempio citato. La distanza delle due bande laterali, dopo la modulazione, è di soli 600 Hz che, riferiti a 80 kHz, non raggiungono nemmeno l'uno per cento. Dalle nostre spiegazioni, sull'utilizzazione simultanea delle linee in telefonia e in telegrafia, sapete che, con l'aiuto di filtri passa-alto, è possibile tagliar via in modo abbastanza netto, le frequenze situate sotto i 300 Hz. Purtroppo non è possibile costruire dei filtri che separino così nettamente le frequenze attorno agli 80 kHz. Si rimedia però in un altro modo molto elegante.

La prima trasposizione di frequenza

Si comincia col preparare tutte e dodici le conversazioni. Un *filtro passa-alto*, inserito in ciascun canale, elimina le frequenze inferiori a 300 Hz, in modo da ottenere poi un intervallo di 600 Hz tra le bande laterali risultanti nella modulazione. Le *frequenze alte* vengono invece *soppresse*, sopra i 3400 Hz, mediante un *filtro passa-basso*. Come vedete, le *frequenze basse* si separano con *filtro passa-alto*, quelle *alte* col *passa-basso*. La *prima trasposizione di frequenza* non è che una *modulazione*, effettuata con la frequenza molto bassa di 8 kHz, cosicchè, grazie al dispositivo della fig. 18, si ottengono le due bande laterali:

8000 — 300 . . . 8000 — 3400, ossia 7700 . . . 4600 Hz.
e 8000 + 300 . . . 8000 + 3400, ossia 8300 . . . 11 400 Hz.

Si inserisce poi un *filtro di banda*, simile a quello della *supereterodina*, ma più complicato, per lasciar passare soltanto la banda 4600 . . . 7700 Hz. Date le frequenze relativamente basse e la possibilità di usare filtri uguali per tutti i dodici canali, è facile separare le bande entro l'intervallo dei 600 Hz, *sopprimendo la banda superiore.* Quest'operazione non costituisce una modulazione vera e propria, come quelle che abbiamo visto finora, e si chiama perciò « *prima trasposizione di frequenza* ». È da osservare che la successione delle frequenze è ora invertita, perchè la frequenza di 300 Hz è stata trasformata in 7700 Hz, quella di 3400, invece, in 4600 Hz. Tuttavia, *ad ogni frequenza primitiva, corrisponde in modo univoco una nuova frequenza.* Vi chiederete probabilmente lo scopo di tutte queste complicazioni, ma presto vedrete che sono perfettamente giustificate.

La seconda trasposizione di frequenza

Le 12 conversazioni sono dunque spostate nel campo di frequenza tra 4600 e 7700 Hz; con ciò esse non si distinguono ancora in nessun modo. Occorre una *seconda trasposizione*, che permetta di distinguerle grazie alla propria particolare *frequenza vettrice.* Serve nuovamente allo scopo il *modulatore* della fig. 18. In luogo delle *frequenze vocali*, si applica, all'entrata di sinistra, *la banda di frequenze che ha già subito la prima trasposizione.* Come *frequenze vettrici* si applicano le frequenze 20 kHz, 24 kHz, 28 kHz, eccetera, fino a 56 kHz, 60 kHz e 64 kHz: per ciascuna conversazione una diversa *frequenza vettrice.* Per il *primo canale* si ottengono le *bande laterali* seguenti:

20 000 — 4 600 . . . 20 000 — 7 700, ossia 15 400 Hz . . . 12 300 Hz.
e 20 000 + 4 600 . . . 20 000 + 7 700, ossia 24 600 Hz . . . 27 700 Hz.

Come prima, si seleziona nuovamente la *banda laterale inferiore*, che va da 12 300 a 15 400 Hz e rappresenta la *conversazione spostata di frequenza.* Comprendiamo ora lo scopo della prima trasposizione di frequenza. L'intervallo tra le due bande laterali va ora da 15 400 a 24 600 Hz e presenta quindi un'ampiezza di 9 200 Hz ossia 9,2 kHz. Esso è quindi abbastanza largo da consentire la separazione delle due bande laterali mediante filtri di costituzione relativamente semplice e quindi poco costosi.

Nel *secondo canale* si ottengono, analogamente, i seguenti valori di frequenza:

24 000 — 4 600 . . . 24 000 — 7 700 Hz, ossia 19 400 . . . 16 300 Hz.
e 24 000 + 4 600 . . . 24 000 + 7 700 Hz, ossia 28 600 . . . 31 700 Hz.

Anche in questo caso si utilizza la banda inferiore, da 16 300 a 19 400 Hz; l'intervallo tra le due bande (28 600 — 19 400 Hz) comprende pure 9 200 Hz = 9,2 kHz.

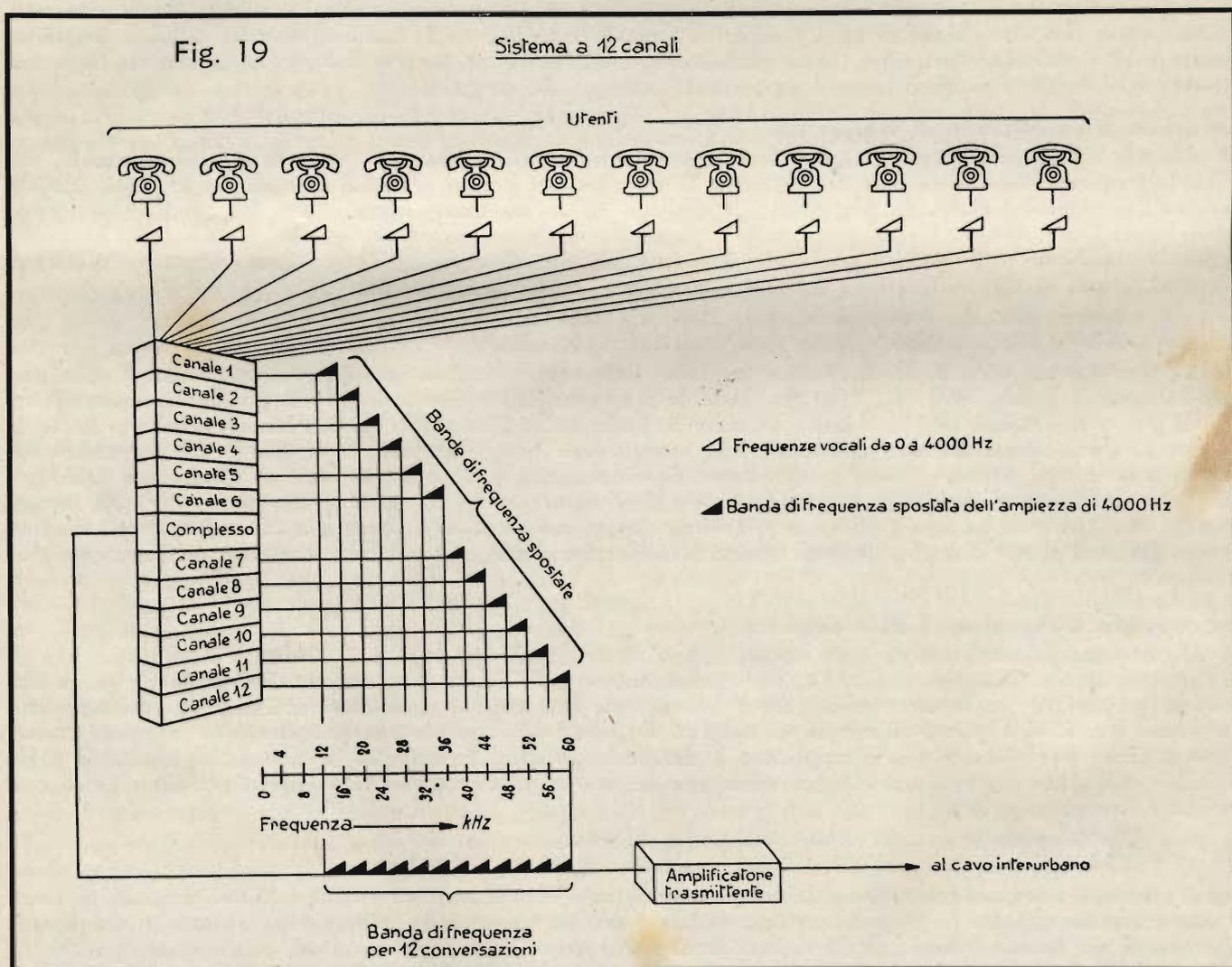
Per l'*ultimo canale* si ottiene infine:

64 000 — 4 600 . . . 64 000 — 7 700, ossia 59 400 . . . 56 300 Hz

e 64 000 + 4 600 . . . 64 000 + 7 700, ossia 68 600 . . . 71 700 Hz.

L'intervallo è sempre di 9,2 kHz. Benchè alle frequenze più elevate il valore relativo dell'intervallo sia diminuito sensibilmente ($\frac{9,2}{64} = 0,144$, contro $\frac{9,2}{20} = 0,46$), tuttavia l'ampiezza è sempre sufficiente per effettuare comodamente la separazione delle bande laterali. L'ultimo canale arriva quindi fino a 59 400 Hz.

C'è un'altra cosa da menzionare brevemente. Dopo la prima trasposizione, le frequenze basse sono trasformate in quelle più alte, cosicchè 300 Hz diventa 7 700 Hz. Effettuata la seconda trasposizione, la frequenza di 7 700 Hz (e quindi dei primitivi 300 Hz) viene a trovarsi a 12 300 Hz e quindi all'estremità inferiore della banda da 12 300 a 15 400 Hz. Come risultato finale si ha, per il *primo canale*, uno spostamento di tutte le frequenze di 12 kHz (risultati dalla differenza delle due frequenze modulanti 20 — 8 kHz). Il *canale successivo* è spostato di 16 kHz (24 — 8 kHz) e segue, dopo un piccolo intervallo (15 400 . . . 16 300 Hz), il primo canale. E così via per tutti i 12 canali, che alla fine convergono in un'*unica linea a due fili*, passando tutti assieme all'amplificazione, necessaria per compensare le perdite d'energia intervenute nella doppia trasposizione di frequenza. Molto importante per questo *amplificatore di trasmissione* è che esso non agisca tanto per le frequenze più basse, ma amplifichi molto bene il campo tra 12 e 60 kHz. Ciò si ottiene ancora con relativa facilità. Dopo l'*amplificazione trasmittente* si perviene alla linea interurbana, comune per tutti i canali.

La fig. 19 mostra schematicamente come vengono spostate le 12 conversazioni e come passino sulla linea comune. È facile comprendere quale enorme lavoro e studio sia condensato in un solo filtro. Comunque, a noi prème, per ora, di avervi fatto comprendere il principio del sistema, e crediamo di esservi riusciti.

La demodulazione nella stazione ricevente

Nella stazione ricevente bisogna procedere dapprima alla *separazione delle 12 conversazioni*; solo dopo la separazione esse possono esser inviate all'utente giusto. Anche qui non esistono però dei filtri abbastanza selettivi da poter separare esattamente, per esempio, la banda 52 300 . . . 55 400 Hz, rispettando gli intervalli di 900 Hz (da 51 400 a 52 300 e da 55 400 a 56 300 Hz). Per questa ragione si procede esattamente nel modo

inverso a quello usato nella stazione trasmittente. Si effettua ancora per due volte la *trasposizione di frequenza*, ma ora *verso il basso*. L'entrata dei 12 canali riceventi è costituita da filtri identici a quelli usati in trasmissione, dopo la seconda trasposizione di frequenza, per separare la banda superiore. Ciascuna conversazione è quindi automaticamente inoltrata nel canale giusto. Ma viene la cosa più importante. *Per realizzare la demodulazione esatta occorre la stessa portante usata nella seconda trasposizione di frequenza.* Si trasmettono perciò separatamente anche le *frequenze vettrici*, si amplificano e si applicano, assieme alla banda trasmessa, a un *modulatore ad anello* (fig. 18). Il risultato della modulazione è costituito nuovamente da *due bande laterali*, che seguiremo nell'esempio di prima. Si trattava del *penultimo canale* (52 300 . . . 55 400 Hz), corrispondente alla *frequenza vettrice* di 60 kHz. Le nuove bande laterali sono quindi:

60 000 + 52 300 . . . 55 400 Hz

e 60 000 — 52 300 . . . 55 400 Hz, ossia 112 300 . . . 115 400 e 7 700 . . . 4 600 Hz.

Nella *banda inferiore* riconoscerete subito il medesimo risultato ottenuto nel trasmettitore dopo la *prima trasposizione di frequenza*. Abbiamo accennato prima che la separazione dei vari canali, nel ricevitore, viene effettuata mediante *filtri di qualità mediocre*. Ciò significa che il prodotto della nuova modulazione occupa uno spazio alquanto più largo della sola banda da 4 600 a 7 700 Hz; vi si ritrovano, in altre parole, anche alcune frequenze dei canali adiacenti.

È quindi necessario inserire un *filtro molto selettivo*, come dopo la prima trasposizione di frequenza nel *trasmettitore*. Questo filtro, oltre ad eliminare naturalmente la *banda laterale superiore* (112 300 . . . 115 400 Hz), sopprime tutte le frequenze superiori ai 7 700 e inferiori ai 4 600 Hz; esso taglia infatti esattamente entro gli intervalli vuoti, che vengono riprodotti pure dopo la modulazione. La fig. 20 rappresenta l'assieme di frequenze provenienti dal *modulatore*, che vengono addotte al filtro: dopo il filtro non rimane che la *banda da 7 700 a 4 600 Hz*.

Successivamente si effettua una *seconda trasposizione di frequenza* in direzione inversa a quella che avviene nel *trasmettitore*. Si applica al *modulatore* da un lato, come *frequenza vettrice*, quella di 8 kHz, e dall'altro lato la *banda filtrata* di 7 700 . . . 4 600 Hz. Si formano nuovamente due bande laterali: 12 600 . . . 15 700 e 300 . . . 3 400 Hz.

Quest'*ultima banda* non è altro che *l'assieme delle frequenze originarie di conversazione*. Segue in ordine invertito, rispetto al *trasmettitore*, un *filtro passa-basso*, che sopprime la *banda laterale superiore* (12 600 . . . 15 700 Hz). Nel *ricevitore* abbiamo superato così le stesse tappe, come nel *trasmettitore*, ottenendo alla fine le *frequenze vocali primitive*. Soltanto le frequenze sotto i 300 Hz rimangono soppresse e non possono essere ripristinate. Ma questo è senza importanza per l'intelligibilità della parola.

La *ritrasposizione di frequenza* si effettua in tutti i canali in modo analogo. La *prima trasposizione*, nel *lato ricevente*, si fa modulando con le vettrici di 20, 24, 28 . . . 56, 60, 64 kHz, mentre la *seconda trasposizione* avviene per tutti i canali mediante la *vettrice di 8 kHz*.

Nella *telefonia a frequenze vettrici* occorrono sempre parecchi amplificatori, soprattutto perchè i complicati impianti di questo sistema si giustificano economicamente solo dovendoli superare grandi distanze. Perciò si ricorre senz'altro al collegamento a 4 fili, che conoscete dalle spiegazioni di questa Dispensa. Nelle due centrali terminali sono collocate le *forcelle*, ove le linee a due fili si suddividono in linee a quattro fili. La figura 21 mostra la disposizione di un impianto piuttosto vecchio della Ditta Hasler di Berna. L'intiero impianto è suddiviso in telai. Mentre nel 1945 occorrevano 7 telai per impiantare un sistema a 12 canali, nel 1949 ne bastava già uno solo (fig. 22, fabbricazione Hasler, Berna). È un segno di progresso quando si riesce a costruire un'apparecchiatura di funzioni e potenzialità uguali o addirittura superiori, pur occupando meno spazio di prima.

Dobbiamo infine dileguare l'impressione, che forse sarà sorta in voi, che le quattro successive trasposizioni di frequenza, effettuate nella *telefonia a frequenze vettrici*, provochino una pessima riproduzione del linguaggio. È vero invece proprio il contrario. Mentre nelle conversazioni interurbane attraverso *linee pupinizzate* si ottiene un linguaggio dal timbro assai strano, a causa della differente attenuazione delle varie frequenze, nelle conversazioni attraverso collegamenti a *frequenze vettrici* i suoni risultano perfettamente naturali.

Più elevata infatti è la *frequenza vettrice* impiegata, e più uniforme diventa la trasmissione di una conversazione telefonica. Nell'inoltro diretto a *BF*, il rapporto tra la frequenza massima e quella minima è $\frac{3\,400}{300} = 11{,}3$. Con la più bassa delle *vettrici* si ottiene invece il seguente rapporto: $\frac{15\,400}{12\,300} = 1{,}255$. È noto che *una linea si può considerare equivalente a un insieme di resistenze, induttanze e capacità*. Questi due ultimi elementi comportano una notevole variazione dell'*impedenza* con la *frequenza*. Quando però la massima variazione possibile della frequenza, per un determinato canale, non supera il rapporto di 1 : 1,255, è evidente che l'effetto sulla trasmissione diventa praticamente impercettibile.

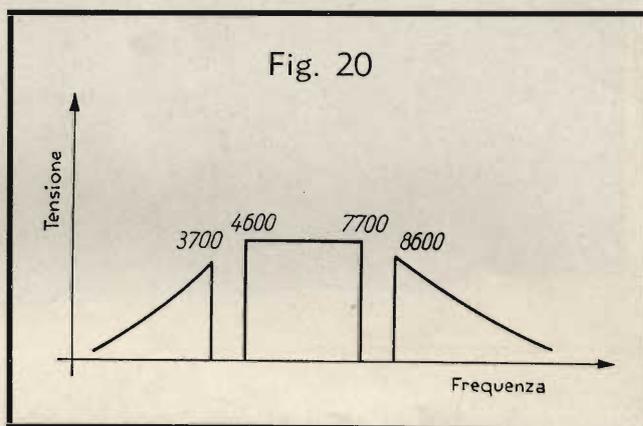
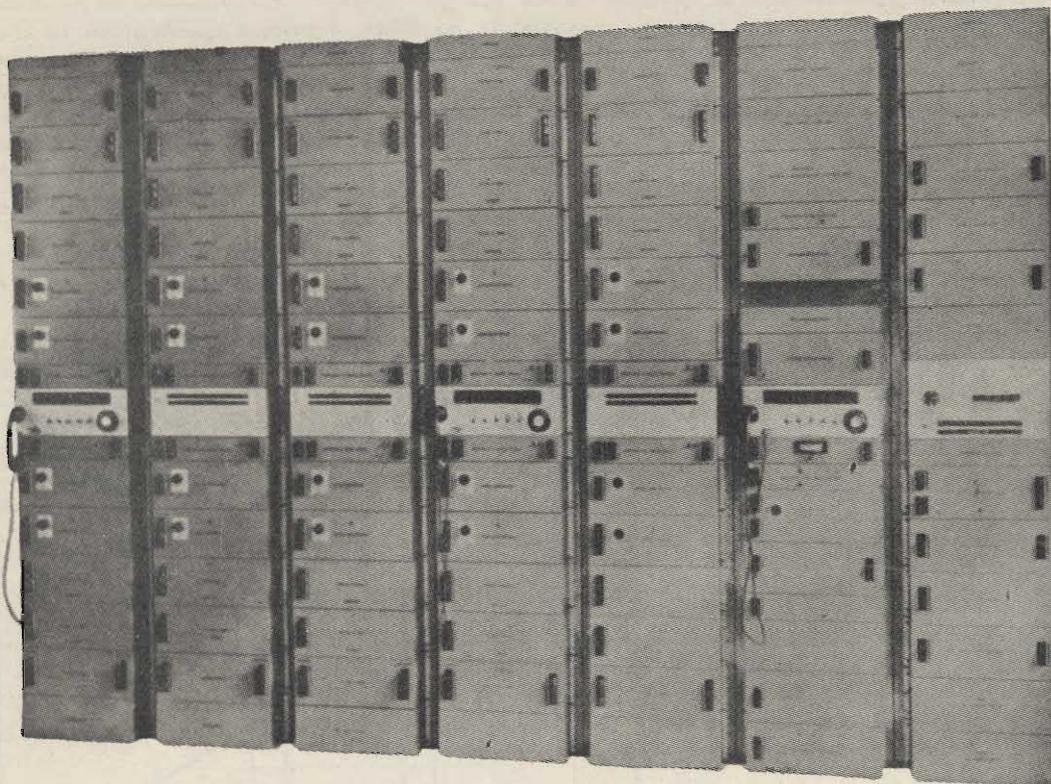
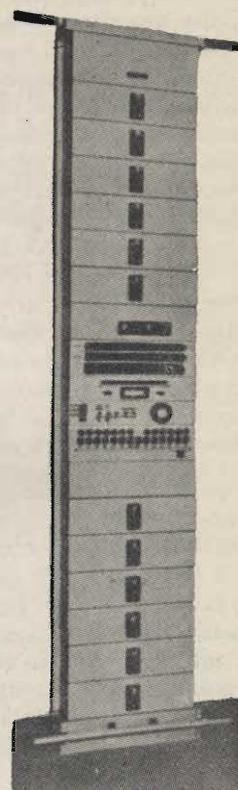



Fig. 21 Fig. 22

Con queste spiegazioni abbiamo completato le vostre nozioni sulla telefonia e la telegrafia. È chiaro che è senz'altro possibile realizzare anche la *telegrafia a frequenze vettrici*; questa è anzi più semplice, essendo sufficiente una banda di frequenza molto più ristretta.

Domande

1. In che cosa la telefonia a frequenze vettrici è paragonabile alla radio?
2. Quali sono i vantaggi della modulazione a banda laterale unica?
3. Com'è costruito un modulatore?
4. Come si fa a passare dalla banda fonica 300 . . . 3 400 Hz alla banda a frequenza vettrice 48 300 . . . 51 400 Hz?
5. Qual è, nel trasmettitore, la trasposizione di frequenza dopo la quale basta un filtro semplice di minore selettività, e dove occorre invece il filtro di selettività elevata?

RADIOTECNICA

LA STABILIZZAZIONE DELLA FREQUENZA PORTANTE

Il quarzo oscillante

Nella Dispensa N. 15 abbiamo spiegato che l'aumento fortissimo del numero delle stazioni radioemittenti costrinse a disporre l'una accanto all'altra le bande di frequenza larghe 9 kHz, riservate alle singole stazioni. Ne conseguirono dei fastidiosi disturbi d'interferenza tra le stazioni contigue, non appena la frequenza delle portanti variava anche solo di pochi hertz, il che non era possibile evitare nei primi tempi. È dunque assai importante che l'onda portante non modulata sia stabilita con la massima precisione. Purtroppo anche il migliore circuito oscillante non risponde a questa esigenza. Si nota infatti che le grandezze caratteristiche dei circuiti oscillanti, ossia l'*induttanza* e la *capacità*, si modificano sempe un poco, benchè lievemente; i disturbi sono quindi inevitabili.

Un'interessante scoperta e l'abile applicazione della stessa, però, consentirono la soluzione di questo dilemma. Si trovò infatti che alcuni *cristalli* presentano la proprietà di *caricarsi elettricamente*, quando vengono sottoposti a lievi compressioni. Si impiegano oggi la *tormalina*, il *sale di Seignette* e soprattutto il *quarzo*, che ha raggiunto un'importanza eminente *per la stabilizzazione delle frequenze di trasmissione nella gamma delle onde medie*. Se si taglia da un *quarzo* (*cristallo di rocca*) una *piastrina sottile*, orientata in una determinata direzione rispetto alle facce del cristallo (fig. 23), e se ne ricoprono le due superfici più estese con fogli metallici, si trova che, esercitando una pressione su queste superfici, i fogli si caricano di elettricità. Questo fenomeno si chiama « *effetto piezoelettrico* », poichè in greco « *piezo* » significa « *premo* ».

Siccome il *quarzo* è un *ottimo isolante,* dopo aver esercitato la pressione si ottiene un *condensatore carico.* Con ciò siamo però ancora lungi dall'avere delle oscillazioni elettriche. Se però la pressione varia ritmicamente, anche le cariche variano nello stesso modo e si ottiene una *tensione alternata* alle armature del quarzo. Si osserva allora un fatto assai importante: l'*inversione del fenomeno piezoelettrico.* Se si applica una tensione elettrica ai fogli metallici, si manifesta nel *quarzo* una pressione di valore corrispondente. *Applicando alle armature una tensione alternata, è quindi possibile eccitare il quarzo ad eseguire delle oscillazioni meccaniche.* Interessante è però che, a seguito di un impulso di pressione, oppure di tensione elettrica, *il quarzo effettua delle oscillazioni proprie, che generano a loro volta una tensione alternata,* poichè le due specie di oscillazioni, elettriche e meccaniche, dipendono l'una dall'altra e non si può manifestare l'una senza che ci sia l'altra.

Queste oscillazioni del quarzo sono pochissimo smorzate; una volta eccitate da un impulso iniziale, durano a lungo e diminuiscono sensibilmente d'ampiezza solo dopo un gran numero di periodi. Il fenomeno è analogo a quello di un buon *pendolo,* che si ferma solo dopo un tempo molto lungo.

La cosa principale è però che le *oscillazioni meccaniche,* e quindi anche quelle *elettriche,* posseggono una *frequenza assai costante,* comunque, *molto più costante di quella di qualsiasi circuito oscillante.* Se si mantiene il *quarzo* sempre alla stessa temperatura, le *variazioni di frequenza,* nella gamma delle *onde medie,* cioè da qualche centinaio a 1000 kHz, *non raggiungono che una frazione di 1 Hz!* Si tratta quindi di mantenere costante la temperatura con mezzi adatti. Approfittiamo dell'occasione per descrivere un'apparecchiatura di questo genere.

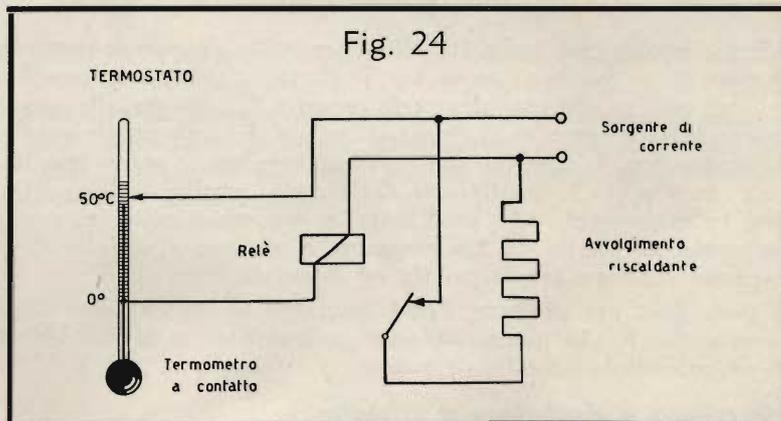
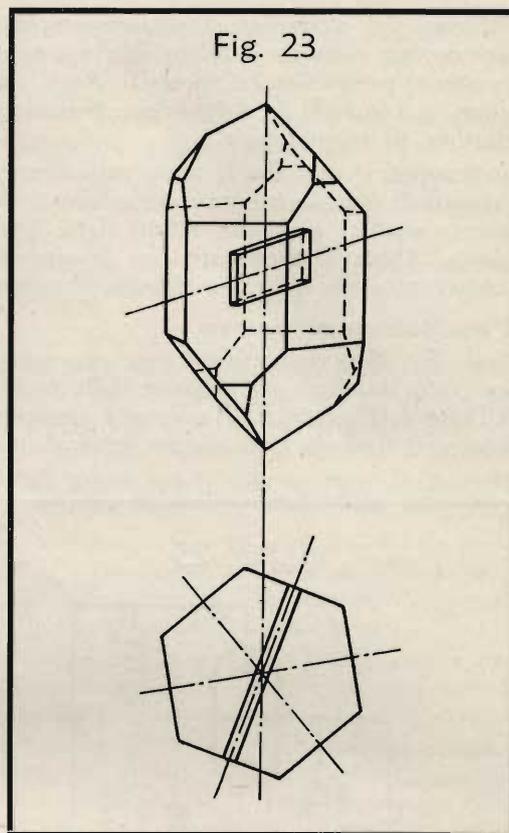
Fig. 23

Il termostato

Un *dispositivo per la regolazione della temperatura,* detto « *termostato* », si può realizzare con un *termometro a contatto* ed un *relè.* La fig. 24 mostra uno schema semplice, adatto allo scopo, di cui spiegheremo ora il funzionamento. Il *termometro a contatto* qui rappresentato è un comune *termometro a mercurio,* di precisione adeguata, nel quale entrano *due fili metallici* o *contatti.* Il primo di essi, contrassegnato nella figura con *o,* attraversa la parete di vetro del termometro e va a toccare il mercurio nel bulbo, oppure nella parte inferiore dell'asta. L'altro contatto è introdotto invece dall'alto nel capillare del termometro, ed è generalmente fatto in modo da poter essere spostato a piacimento e messo a coincidere con la divisione della scala termometrica corrispondente alla temperatura voluta. Nell'esempio della fig. 24, questa temperatura è di 50° C (gradi Celsius o gradi centigradi). È chiaro che, non appena la temperatura raggiunge o supera i 50° C, il *mercurio* (che è un buon conduttore elettrico) collega tra loro i due contatti; passa quindi una corrente che provoca l'attrazione del *relè.*

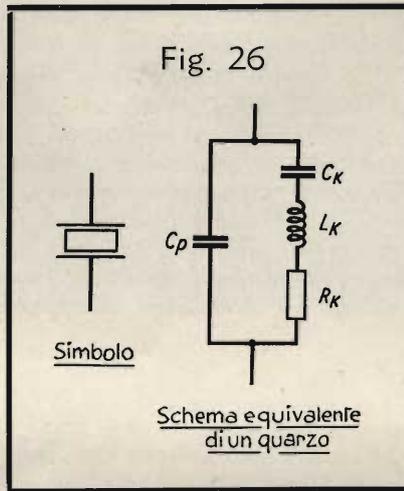
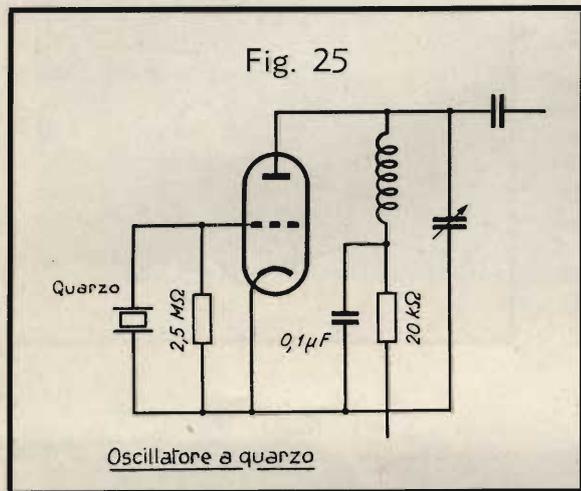
Fig. 24

Lo scopo del dispositivo è di mantenere alla temperatura di 50° C una *cassettina* nella quale si trova il *quarzo oscillante.* Bisogna quindi riscaldare questa cassettina, quando la temperatura nel suo interno scende sotto 50° C. Pertanto il *relè* è dotato di un *contatto di riposo,* che inserisce l'*avvolgimento riscaldante,* quando il relè è diseccitato, e lo disinserisce, non appena il *relè* si eccita.

A questo modo si riesce a mantenere a temperatura abbastanza costante l'ambiente, nel quale si trovano il *termometro,* l'*avvolgimento riscaldante* ed il *quarzo.* Va però tenuto presente che la precisione e la costanza della temperatura regolata non dipendono soltanto dall'esattezza del termometro usato. Quando si inserisce la corrente nell'elemento riscaldante, ci vuole un certo tempo, affinchè la temperatura cominci a salire nell'interno del termostato ed il calore arrivi al termometro, che comanda la regolazione. Viceversa, quando si interrompe il riscaldamento, ci vuole un certo tempo, perchè le perdite di calore, attraverso le pareti del termostato, facciano ridiscendere la temperatura. Questo fenomeno, detto dell'« *inerzia termica* », fa sì che la temperatura regolata non stia sempre esattamente sui 50° C, ma compia delle oscillazioni o *pendolamenti* attorno a questo valore. L'ampiezza dei *pendolamenti* può essere ridotta mediante misure adeguate, di cui la più ovvia è quella di disporre il bulbo del termometro molto vicino all'elemento riscaldante.

Esistono poi *altri dispositivi termostatici* più complessi, che consentono di migliorare la precisione della regolazione: un esempio è la cosiddetta « *regolazione a gradini di potenza* »; non possiamo però ora occuparci di queste apparecchiature speciali. Negli *impianti con quarzi oscillanti*, nei quali si richiede un'estrema precisione, si comanda la regolazione tenendo conto della variazione di frequenza che si ottiene con una data variazione di temperatura.

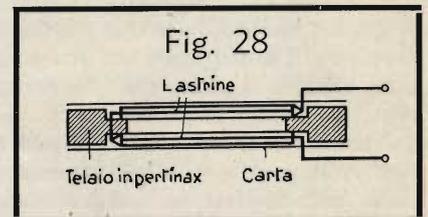
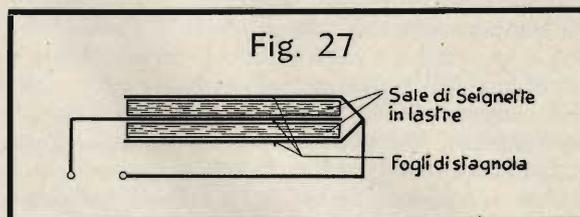
Comunque, si noti che la temperatura regolata va sempre scelta abbastanza alta, in modo che essa superi sicuramente la massima temperatura che si potrebbe presentare nell'esercizio, a riscaldamento escluso. Quando il quarzo oscilla, si hanno infatti delle perdite, che provocano già da sole un leggero riscaldamento del complesso. Abbiamo terminato così le nostre spiegazioni sul *termostato* e sul suo impiego per la regolazione della temperatura dei *quarzi oscillanti*. Passeremo ora ad esaminare alcune applicazioni del quarzo.

L'oscillatore a quarzo

Nella fig. 25 è rappresentato un caso semplice, in cui le oscillazioni di un *triodo* sono comandate da un *quarzo*. Naturalmente, per ottenere delle oscillazioni stabili, deve esserci una *reazione*, in qualsiasi modo ottenuta. All'atto dell'inserzione il *quarzo* è sottoposto a un impulso di tensione e inizia le sue oscillazioni. La fig. 26 mostra il *simbolo* e lo *schema equivalente del quarzo*. La valvola amplifica le oscillazioni; basta una reazione minima, che si manifesti da sola, anche senza speciali accorgimenti, per mantenere la continuità delle oscillazioni. Anzi, occorrerebbero delle misure speciali, se si volessero sopprimere le oscillazioni del quarzo. Nel *circuito oscillante*, accordato sulla frequenza del *quarzo* e inserito nel collegamento anodico, si ripetono amplificate le *oscillazioni del quarzo*, che possono poi essere utilizzate a piacere. Per comprendere il funzionamento dell'*oscillatore* dobbiamo osservare lo schema equivalente nella fig. 26. Il cristallo di *quarzo* possiede un'*induttanza* L_k, in serie con la *resistenza di perdita* R_k e con la capacità C_k. Il *quarzo* stesso costituisce dunque un *circuito oscillante in serie*. In parallelo ad esso va poi considerata la *capacità* C_p, dovuta alle *armature metalliche* ed alle *connessioni*. C_p può essere variata entro certi limiti. L'intiero *schema equivalente* si può considerare anche come un *circuito oscillante anodico*. L'*accoppiamento di reazione* agisce attraverso la capacità interna tra griglia e placca della valvola; essa porta le oscillazioni dal circuito anodico alla griglia, nella giusta fase. Lo schema dell'*oscillatore* può naturalmente essere modificato in numerose maniere, ma il principio essenziale è quello della fig. 25. La resistenza di griglia da 2,5 megaohm è necessaria, perchè il *quarzo* non costituisce un collegamento per la corrente continua tra la griglia ed il catodo.

È ovvio che, per produrre l'onda portante ad *AF*, bisogna amplificare fortemente l'oscillazione del *quarzo*. Tuttavia anche le più potenti stazioni radioemittenti, da 100 kW o più, hanno il *polso* regolato dalle oscillazioni di un minuscolo cristallo di *quarzo*.

Microfono e rivelatore a cristallo

Poichè il quarzo trasforma le *pressioni meccaniche* in *tensioni elettriche*, esso può usarsi anche per trasformare le *onde acustiche* in *oscillazioni elettriche* equivalenti, ossia per costruire un *microfono*. Trattandosi di *oscillazioni a bassa frequenza*, invece del *quarzo* si usa però, a preferenza, un altro cristallo, il *sale di Seignette* o *di Rochelle*, che presenta *l'effetto piezoelettrico in misura più marcata*. La costruzione di un microfono di questo tipo è semplicissima. Generalmente si uniscono *due o quattro lastrine di cristallo*, spesse mm 0,3 ciascuna, come si vede nella fig. 27. Nella fig. 28 è poi rappresentato schematicamente l'intiero microfono.

Il *vantaggio* di questi *microfoni* è la loro *piccolezza*, che consente di usarli nelle interviste e nei servizi radiofonici senza che siano troppo visibili. È facile da comprendere poi che, sempre sullo stesso principio, si può costruire un *rivelatore* o *pick-up* a cristallo. Mentre nel microfono il cristallo è premuto nel ritmo delle onde acustiche da una *levetta* fissata alla membrana, nel *rivelatore* è la *puntina fonografica* che agisce sul cristallo. Sapete in qual modo la

puntina sia mossa dai solchi del disco e potete immaginare facilmente come questo movimento venga trasmesso, per mezzo di un'asta, al cristallo. Accenniamo solo brevemente a questa applicazione, poichè oggi non è più usata frequentemente.

Vogliamo citare invece un'altra nuova applicazione. I *cristalli* sono oggi impiegati spesso *per la misura delle variazioni della pressione meccanica.* Di fronte alla misura fatta coi *manometri,* questo sistema presenta l'enorme *vantaggio* della *piccolezza del cristallo,* della sua *inerzia* praticamente *nulla* e della *possibilità di indicare le misure a qualsiasi distanza,* poichè le tensioni elettriche vengono inoltrate comodamente per mezzo di una linea elettrica.

Senza dubbio vi state accorgendo che, avendo ormai fissate le basi del nostro sapere, andiamo aggiungendo, a poco a poco, sempre nuove e interessanti cognizioni.

Il cronometro a quarzo

Tratteremo rapidamente di un'altra importante applicazione delle precise oscillazioni del *quarzo,* benchè non rientri esattamente nel titolo di questo Capitolo. Si tratta del cosiddetto « *cronometro a quarzo* » o « orologio a quarzo ». Sarete forse sorpreso e curioso di sapere che cosa abbia a che fare il quarzo con un orologio. Dovete pensare al paragone fatto al principio del Capitolo. La parte principale di un orologio comune è il *pendolo,* oppure il *bilanciere,* ossia un sistema che eseguisce delle oscillazioni meccaniche, che regolano la marcia dell'orologio. Conoscerete probabilmente anche gli *orologi elettrici,* alimentati dalla rete a corrente alternata. Il meccanismo di questi orologi è azionato da un cosiddetto « *motorino sincrono* ». Questo motorino ha la proprietà di mantenere una velocità di rotazione esattamente proporzionale alla frequenza della corrente d'alimentazione. Questi *orologi a motorino sincrono* vanno avanti, quando la frequenza è troppo alta, e ritardano quando la frequenza è troppo bassa. Solo quando la frequenza della rete è esatta, gli orologi vanno bene.

Ora comprenderete quale sia, nel suo principio, la possibilità d'applicazione del *quarzo* per l'esercizio di un orologio: *comandare un motorino sincrono.* La frequenza dei cristalli di quarzo è però così elevata, che non si possono costruire dei motorini adatti. Si ricorre allora al sistema della *suddivisione di frequenza.* Per mezzo di appositi schemi con un quarzo, è infatti possibile ottenere, per esempio, da 100 kHz, una frequenza esattissima di 1000 Hz, la quale può essere applicata direttamente a un motore. Gli organi principali del *cronometro a quarzo* sono quindi l'*oscillatore a quarzo,* il *divisore di frequenza, l'amplificatore* ed il *motore sincrono con ruotismo.* Il tutto montato assieme e previsto per l'alimentazione dalla rete. I *cronometri a quarzo* sono *i più esatti.* Sono stati sviluppati principalmente dal Dr. Rohde, e la Ditta Rohde e Schwarz di Monaco di Baviera è la costruttrice più nota. L'Osservatorio Astronomico di Neuchâtel, in Svizzera, che collauda l'esattezza degli orologi meccanici, sta costruendo attualmente un *cronometro a quarzo* per uso proprio, la cui precisione si aggira attorno a 10^{-9}. L'esattezza dipende in tutti i casi da due fattori:

1) levigatura precisa della piastrina di quarzo;

2) temperatura esatta (entro 1/100 di grado).

Vi sarà spiegato in seguito come si effettui la divisione della frequenza, affinchè possiate comprendere anche questo punto.

L'*orologio a quarzo* non è soltanto un *cronometro di estrema precisione* (l'errore si limita a un secondo all'anno!); grazie alla *suddivisione di frequenza,* esso può fornire tutta una *serie di frequenze esattissime, utilizzabili per scopi di misura* (per esempio 100 kHz, 10 kHz, 1 kHz, 250 Hz, ecc.). Solo da quando esistono i *cronometri a quarzo* è stato possibile controllare rigorosamente il moto degli astri.

Domande

1. Che cos'è l'effetto piezoelettrico?
2. Quali cristalli piezoelettrici si impiegano nella tecnica?
3. Qual è la particolarità delle oscillazioni del quarzo?
4. Dove si impiegano i quarzi oscillanti?

TECNICA DELLE MISURE

L'OSCILLOSCOPIO A RAGGI CATODICI

Vi è già nota la parte più caratteristica di questo strumento di misura universale: il *tubo a raggi catodici.* Dalle spiegazioni della precedente Dispensa risulta che, per l'esercizio del tubo catodico, si richiede un complesso di parti ausiliarie. Naturalmente tutte queste parti vengono riunite in un'unica apparecchiatura di pratico impiego, che costituisce appunto l'*oscilloscopio.* Osserviamo perciò un'altra volta la fig. 27 della Dispensa N. 19, e pensiamo quali siano le *parti ausiliarie occorrenti.*

a) L'alimentatore

Si richiede la possibilità di alimentare l'apparecchio dalla rete a corrente alternata. L'apparecchio è pertanto dotato di un *trasformatore d'alimentazione* con varie prese primarie e con un cambio tensione identico a quello usato per gli alimentatori delle radio, che consentono l'adattamento alle varie possibili tensioni d'esercizio. Nella fig. 29 il *trasformatore* si trova a sinistra ed è allacciato alla rete attraverso un *interruttore bipolare* e *due fusibili* da 1 ampère.

Poichè per l'esercizio del tubo catodico si richiedono *tensioni di diversi valori,* parte anche assai più elevate della tensione di rete, e poichè fanno parte dell'*oscilloscopio* anche altre valvole raddrizzatrici ed amplifica-

trici, occorrono *vari avvolgimenti per l'accensione dei filamenti* e *per le tensioni anodiche*. Nella fig. 29, che rappresenta lo schema dell'*Oscilloscopio tipo GM 3152 della Philips*, si riconoscono *quattro avvolgimenti d'accensione* e *due per le tensioni anodiche*. Questi ultimi sono collegati tra loro e con l'*avvolgimento d'accensione per la raddrizzatrice d'alta tensione*, la Valvola Philips 1876. Comprenderete tra breve lo scopo di questi collegamenti. Non occorrono spiegazioni per l'*avvolgimento in controfase*, con la *raddrizzatrice a due vie AZ 1*, che serve a produrre la tensione anodica delle valvole amplificatrici, nè per il relativo *filtro di livellamento*, poichè il loro funzionamento è ovvio.

Il *tubo catodico* non richiede che una corrente assai piccola (circa 0,1 mA). È pertanto conveniente prevedere una *raddrizzatrice separata*, destinata solo ad esso. Nello schema considerato, la tensione applicata tra l'anodo e il catodo del *Tubo a raggi catodici Philips DG 9-3* ammonta a 1000 V ed è quindi notevolmente superiore alla tensione anodica di una normale amplificatrice. Usando delle *raddrizzatrici separate*, è possibile inserire delle *resistenze assai elevate* nei *partitori di tensione* e nei *potenziometri* per la messa a fuoco e la regolazione della luminosità, evitando così una soverchia produzione di calore, sempre indesiderata.

Riportando sullo schema principale le designazioni degli elettrodi, indicate nella fig. 30, constaterete che l'*anodo* del tubo catodico è *collegato a terra*. Per ottenere il passaggio di corrente, è quindi necessario che il catodo sia negativo di 1000 V verso terra. Scopo di questa disposizione è di far sì che la tensione delle *placche di deviazione* e dello *schermo* sia piccola rispetto alla terra, in modo da eliminare qualsiasi pericolo per l'operatore. Seguendo il circuito attraverso la *raddrizzatrice d'alta tensione* (fig. 31) constaterete che la caduta di tensione nella *resistenza di carico R*, (che è il *partitore di tensione* della fig. 29) fornisce proprio la polarità desiderata. Il collegamento dei due avvolgimenti anodici serve appunto a sfruttare una delle metà dell'avvolgimento per l'anodica delle amplificatrici, in modo da farlo collaborare alla produzione dell'alta tensione.

Pure interessante è il filtraggio. La *resistenza complessiva* del *partitore di tensione* è:

$$R = 40 \cdot 10^3 + 80 \cdot 10^3 + \frac{0{,}5 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 10^6}{0{,}5 \cdot 10^6 + 1 \cdot 10^6} + 0{,}2 \cdot 10^6 + 50 \cdot 10^3 =$$

$$= 40 \cdot 10^3 + 80 \cdot 10^3 + 333 \cdot 10^3 + 200 \cdot 10^3 + 50 \cdot 10^3 = 703 \cdot 10^3 \text{ ohm} = 703 \; k\Omega.$$

La *corrente* che circola nella *resistenza complessiva* quando è allacciata a 1000 V è:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1000}{703 \,.\, 10^3} = \frac{1 \,.\, 10^3}{703 \,.\, 10^3} = \frac{1 \,.\, 10^3}{0{,}703 \,.\, 10^6} = \frac{1 \,.\, 10^{-3}}{0{,}703} = 1{,}422 \,.\, 10^{-3}\ A.$$

La *caduta di tensione* nella *resistenza del filtro* (16 kΩ) è quindi relativamente esigua: $16 \,.\, 10^3 \,.\, 1{,}422 \,.\, 10^{-3} = 22{,}75$ V.

La *tensione di ronzio* viene ridotta nel rapporto di $\dfrac{\dfrac{1}{2\pi f C}}{R}$

Nel nostro caso $\dfrac{1}{2\pi f C} = \dfrac{1}{2 \,.\, 3{,}14 \,.\, 50 \,.\, 4 \,.\, 10^{-6}} = \dfrac{10^4}{12{,}56} = 796$, e quindi: $\dfrac{\dfrac{1}{2\pi f C}}{R} = \dfrac{796}{16\,000} = \dfrac{1}{20}$.

Dato il carico limitato del *raddrizzatore d'alta tensione* (circa 1,5 mA), la *tensione di ronzio* non è grande. Il filtraggio nel rapporto di 1 : 20 è quindi del tutto sufficiente.

Nella fig. 29 si vede che il *catodo* del tubo a raggi elettronici è allacciato dopo il *potenziometro* da 40 kΩ. È quindi possibile prelevare dal *potenziometro* la tensione, negativa rispetto al catodo, da applicare al *cilindro di Wehnelt*. Calcoliamo la *caduta di tensione* ai capi del *potenziometro*. La *resistenza complessiva* del *partitore di tensione* è uguale a 703 kΩ, come abbiamo calcolato. La tensione di 1000 V si suddivide proporzionalmente e si ottiene quindi sul *potenziometro* la seguente *massima tensione*:

$$V_p = 1000 \,.\, \frac{40 \,.\, 10^3}{703 \,.\, 10^3} = \frac{4 \,.\, 10^4}{7{,}03 \,.\, 10^2} = \frac{4 \,.\, 10^2}{7{,}03} = 57\ volt.$$

In modo analogo è possibile controllare la *tensione dell'anodo ausiliario*.

Con l'aiuto della fig. 29 può essere spiegato un altro particolare interessante. Per molti scopi è preferibile che il punto luminoso non cada, nella posizione di riposo, al centro dello schermo, ma che sia possibile spostarlo in senso orizzontale oppure verticale. Occorre applicare a questo scopo una *tensione continua* tra le *placche di deviazione*, tensione che può essere ora positiva, ora negativa, rispetto alla *tensione dell'anodo*. Viene in aiuto, per questa applicazione, il fatto che i raddrizzatori sono due, uno dei quali (quello del tubo catodico) fornisce una tensione negativa verso terra, mentre l'altro (quello delle amplificatrici) fornisce una tensione positiva.

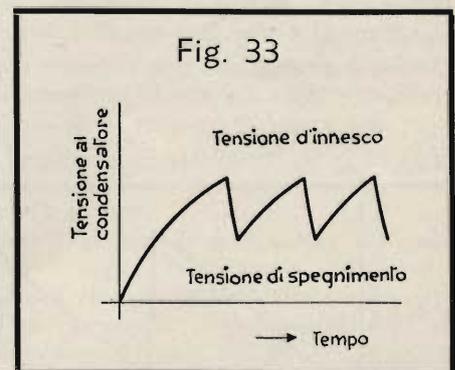
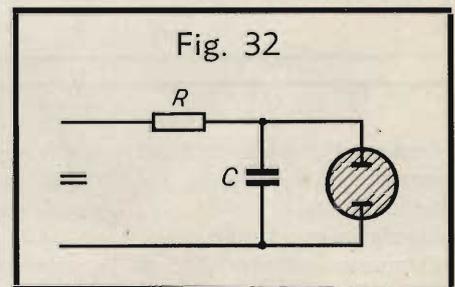
Come si vede nello schema, due *potenziometri* da 500 kΩ sono inseriti tra un punto del *partitore* sopra i 50 kΩ e il polo positivo del *raddrizzatore per gli amplificatori*. La tensione prelevata dai *cursori dei potenziometri* può essere variata a piacere tra un valore positivo ed il corrispondente valore negativo, in modo da spostare a volontà il punto luminoso su tutto lo schermo.

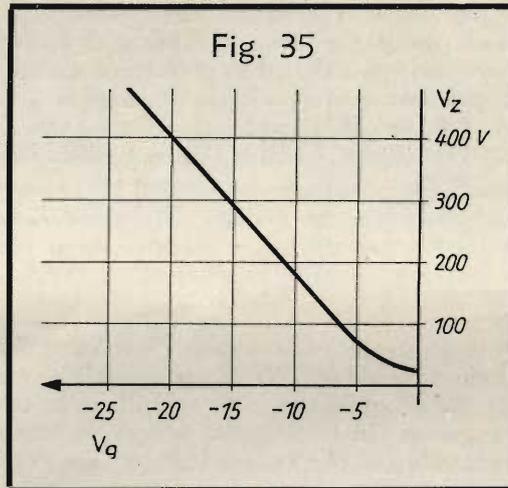
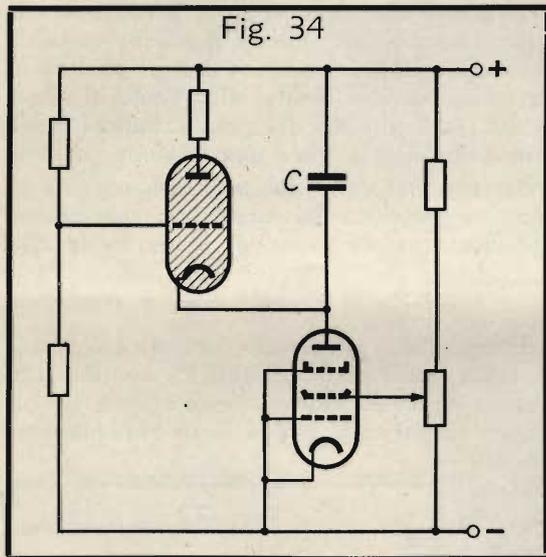
b) L'asse dei tempi

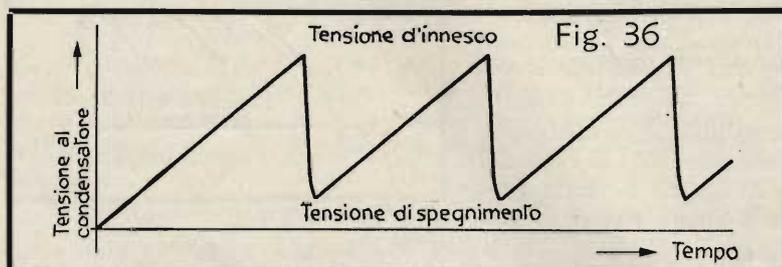
Nella Dispensa precedente abbiamo parlato della *tensione a dente di sega*, da applicare alle *placche orizzontali* dell'oscilloscopio per ottenere la deviazione proporzionale al tempo, ossia quello che si chiama l'« *asse dei tempi* ». Si tratta di schemi che si ritrovano molto simili nella televisione, e perciò vale la pena che ce ne occupiamo un po' più per esteso. In tutti questi schemi si tratta sempre di *caricare, più o meno rapidamente, un condensatore, e di scaricarlo poi con la massima velocità possibile*. La fig. 32 mostra uno schema semplice con una resistenza in serie *R* ed un *condensatore di carica C*. Se non ci fosse la *lampadina luminescente* indicata a destra (osservatene il simbolo), il *condensatore* si caricherebbe semplicemente fino al valore della tensione continua applicata, dopodichè il passaggio della corrente dovrebbe cessare. La *lampadina luminescente* è costituita da due *elettrodi freddi* contenuti in un bulbo, dapprima evacuato e poi riempito con un cosiddetto « *gas nobile* » (*neon, argon*) a bassa pressione. Per queste lampadine luminescenti è caratteristico il fatto che la corrente comincia a passare soltanto quando la tensione raggiunge un determinato valore, chiamato « *tensione d'innesco* ». Avvenuto l'innesco, cioè l'accensione della lampada, questa rimane accesa anche se la tensione scende a valore più basso, e si spegne soltanto dopo che la tensione è scesa sotto un altro limite ben determinato, detto « *tensione di spegnimento* ». Cessa allora, naturalmente, anche il passaggio di corrente.

Possiamo ora descrivere il funzionamento dello schema della fig. 32. Il *condensatore* si carica attraverso alla *resistenza*, finchè è raggiunta la *tensione d'innesco* della lampada a gas nobile. Incomincia allora la *scarica*, riconoscibile alla tenue luminescenza, per la qual cosa la tensione ai capi del condensatore diminuisce nuovamente; essa scende fino al *valore di spegnimento*, e allora ha termine la scarica del *condensatore*.

Finito il passaggio di corrente attraverso alla lampadina, il *condensatore* ricomincia a caricarsi. Il valore della tensione ottenuta così, ai capi del *condensatore*, segue l'andamento rappresentato nella fig. 33. Si tratta dunque di una *tensione a dente di sega*, ma dotato di alcuni brutti difetti.

Intanto l'*altezza dei denti*, o ampiezza delle *oscillazioni di rilassamento* (così si chiamano queste speciali oscillazioni), dipende dalla differenza tra la *tensione d'innesco* e quella *di spegnimento*. Normalmente si ottengono da 20 fino, al massimo, 50 volt, pur lavorando con tensioni continue attorno ai 200 V. Il secondo difetto è

costituito dal *fianco in salita del dente*, che è *incurvato*. Il *fianco in discesa* è piuttosto *ripido* e pertanto la sua forma è senza importanza. Si comprende facilmente la causa della curvatura, quando si pensa al modo in cui avviene la carica del condensatore. Più numerose sono le particelle di elettricità riunite sulle armature del condensatore, e più difficile diventa per le successive particelle di depositarvisi anch'esse. È un fenomeno simile a quello che si osserva pompando la gomma di una bicicletta. Quando la camera d'aria è tutta vuota, non si fa la minima fatica per gonfiarla un po', con qualche colpo di pistone. Ma più aria è stata pompata, e più diventa faticoso il farne entrare dell'altra, aumentando così la pressione. Anche *nella carica di un condensatore, la tensione aumenta dapprima rapidamente, poi sempre più lentamente*. Questa è la ragione per cui la salita della tensione (fig. 33) presenta un andamento incurvato.

Vedremo nello schema della fig. 34 come si rimedia a questi vari difetti. L'unica parte conservata della figura 32 è il *condensatore* da caricare *C*. La *resistenza* in serie è sostituita dal *pentodo*; infatti, come potete facilmente controllare, la *corrente di carica* del condensatore deve attraversare il *pentodo*. Per comprendere la ragione di questo dispositivo dobbiamo rifarci alla famiglia delle caratteristiche I_a—V_a del *pentodo*, riportata nella fig. 25 della Dispensa N. 14. La particolarità essenziale del *pentodo* è il fatto che la *corrente anodica* è pressochè *indipendente* dalla *tensione anodica*. Nello schema della fig. 34 abbiamo una *tensione continua costante* applicata alla *serie delle resistenze* ed al *condensatore con il pentodo*. La *griglia-schermo* del pentodo è allacciata, attraverso un *partitore di tensione fisso, ma regolabile*, a una *tensione continua costante*, il cui valore determina in misura preponderante la *corrente anodica*. È quindi indifferente quale sia la tensione del condensatore, cioè fino a che punto esso sia caricato, e quale tensione agisca tra l'anodo e il catodo della valvola; la *corrente anodica* comunque *non varia*. Si riesce così a *caricare il condensatore* con una *corrente costante*.

Ciò significa che *la tensione del condensatore aumenterà in modo uniforme*; la curvatura del fianco ascendente del dente di sega (fig. 33) è pertanto eliminata. Dopo avere spiegato la parte destra dello schema di fig. 34, è chiaro che il *triodo* con riempimento di gas, disegnato a sinistra, costituisce l'*equivalente della lampadina luminescente* della fig. 32. Questa valvola speciale è un *triodo con catodo a riscaldamento indiretto*, riempito di gas nobile a bassa pressione. Semplificando, possiamo dire che esso si comporta come una *lampada luminescente* nella quale la tensione d'innesco può essere regolata entro vasti limiti. Mentre la *tensione di spegnimento* rimane quasi costante, sui 20 volt, la *tensione d'innesco* V_z varia con la tensione di griglia V_g, com'è indicato graficamente nella fig. 35. L'ampiezza delle oscillazioni che si ottengono con 20 V di polarizzazione negativa di griglia raggiunge 400-20 V, ed è quindi rilevante. È interessante notare che la *tensione di spegnimento* è praticamente indipendente dalla polarizzazione di griglia. Avvenuto l'innesco, continua a passare corrente attraverso al *triodo a gas*, finchè la *tensione del condensatore* arriva sotto il valore della *tensione di spegnimento*. La corrente che attraversa il *triodo a gas* è relativamente intensa, cosicchè il *condensatore* si scarica rapidamente e si ottiene il dente di sega col fianco destro assai ripido.

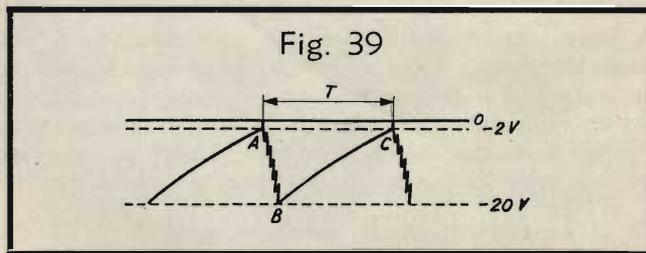
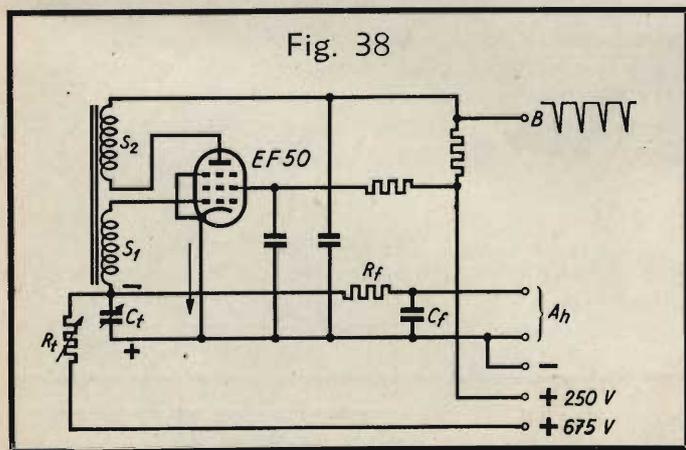
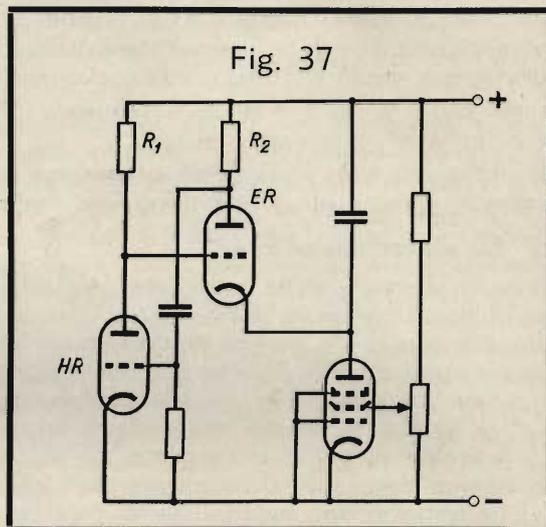
Qual è dunque il risultato ottenuto con lo schema della fig. 34? Usando il *pentodo* come *resistenza variabile* in serie, si ottiene l'*aumento uniforme della carica del condensatore*. Il *triodo a gas*, a sua volta, consente di ottenere una *grande ampiezza delle oscillazioni*, data la forte differenza tra la *tensione d'innesco* e quella *di spegnimento*. In definitiva, si ottiene un andamento della curva corrispondente a quello di fig. 36.

Per poter usare la *tensione a dente di sega* nell'oscilloscopio a raggi catodici, è necessario altresì poter variare in modo facile la *frequenza delle oscillazioni*. Ci interessano qui le possibilità impiegate in pratica. Commutando il condensatore *C* si varia la frequenza a gradini grossolani. Per le *basse frequenze* occorrono *grandi capacità*, per le *alte frequenze* invece ci vogliono *condensatori di capacità piccola*. La *regolazione fine* della frequenza si attua col *potenziometro* per la messa a punto della

tensione di griglia-schermo. Variando la polarizzazione della valvola a gas, e quindi il valore della *tensione d'innesco*, si mette a punto l'ampiezza delle oscillazioni. (Per non complicare troppo le cose, ci limitiamo, per ora, allo schema relativamente semplice della fig. 34). Quando si aggiungono le *frequenze molto alte* si va però incontro ad un nuovo inconveniente. Nelle *valvole a gas* il passaggio di corrente avviene per opera degli *atomi del gas nobile*, che sono di gran lunga più pesanti degli elettroni e si muovono quindi con maggior inerzia.

È perciò difficile usare queste valvole per frequenze superiori ai 100 kHz; nel campo dell'*AF* propriamente detta, non ne è possibile l'uso. Il piccolo apparecchio *Katograph* della Philips, ormai piuttosto antiquato, impiega un *triodo a gas* per l'*asse dei tempi* e arriva, al massimo, alla frequenza di 20 kHz.

Per rispondere alle esigenze più spinte, bisogna riprodurre le proprietà del *triodo a gas* mediante l'impiego di *valvole normali*; ciò si fa, per esempio, nell'*Oscilloscopio Philips GM 3152*.

Nella fig. 37 è riportato uno schema molto semplificato, per la spiegazione del principio fondamentale. La parte di destra, col *condensatore di carica* ed il *pentodo* in serie, corrisponde esattamente alla fig. 34. Vediamo ora, in particolare, come mai le due valvole a sinistra siano in grado di assumere il compito del *triodo a gas*.

La carica del *condensatore* avviene, come prima, attraverso il *pentodo*. Quando la *tensione del condensatore* raggiunge un valore sufficiente, comincia a passare corrente attraverso la *valvola scaricatrice ER*. Durante la carica del *condensatore*, una piccola corrente attraversa la *valvola ausiliaria HR*. Quando comincia a passare la corrente in *ER*, si forma una caduta di tensione nella *resistenza* R_2 e quindi si ha una diminuzione della *tensione anodica* di *ER*. Tale diminuzione si ripercuote, attraverso il *condensatore d'accoppiamento*, sulla griglia della *valvola ausiliaria*, producendo una diminuzione della *corrente anodica* di quest'ultima. La diminuzione della corrente in *HR* fa diminuire la caduta di tensione in R_1 e aumenta, di conseguenza, la tensione di griglia di *ER*. Cresce quindi la *corrente anodica* di *ER*, agisce in maggior misura su *HR* e aumenta, di ritorno, ancora di più, fino a raggiungere la *massima intensità possibile*. Ciò avviene istantaneamente, grazie alla mancanza di inerzia dei tubi elettronici fino alle frequenze dell'ordine di 1 MHz. Il *condensatore* si scarica così in un tempo brevissimo; la corrente attraverso *ER* cessa, non appena la *tensione del condensatore* è scesa ad un valore abbastanza basso. Il giuoco ricomincia allora da capo; il *condensatore* si carica e così via. Anche con questo dispositivo si ottiene una *tensione a dente di sega*, come quella indicata nella fig. 36.

Per terminare questa parte, esaminiamo uno schema che si incontra ora piuttosto spesso. Negli *oscilloscopi a raggi catodici* esso si impiega soprattutto in quei casi, in cui è già previsto un *amplificatore* per le *placche di deviazione orizzontale*.

L'ampiezza delle oscillazioni è infatti limitata e deve perciò essere amplificata. Questo schema di *oscillatore a rilassamento con trasformatore* è usato, per esempio, nell'apparecchio Philips GM 3159. Lo schema di principio è indicato nella fig. 38.

I due *avvolgimenti* S_1 ed S_2, accoppiati magneticamente tra loro, provocano dapprima la formazione di oscillazioni in *AF*. La forte reazione, esistente tra il *circuito anodico* e quello *di griglia*, fa sì che si sviluppino delle *oscillazioni fortemente deformate*, come accennato nella fig. 38, in alto a destra (accanto alla lettera *B*). La *parte essenziale* è però il *circuito di griglia della valvola*. Data la grande ampiezza delle oscillazioni, si manifesta una *forte corrente di griglia*, che carica il *condensatore* C_t. Come sapete, la corrente non può fluire che nella direzione indicata dalla freccia; il *condensatore* si carica quindi con la polarità segnata. Di conseguenza la *griglia* diventa *talmente negativa, da impedire l'oscillazione ad AF* ed interrompe pertanto la carica di C_t.

Entra allora in funzione un artificio studiato espressamente. Il condensatore C_t si carica attraverso alla resi-

stenza R_t che porta alla tensione elevata di + 675 volt, in senso opposto a quello di prima; in altre parole, *il condensatore si scarica.* Quando la *tensione del condensatore* (e con essa la *polarizzazione di griglia*) è scesa a circa 2 volt, si produce nuovamente l'*oscillazione d'AF*. Forse chiederete come mai il condensatore possa caricarsi negativamente, quando è allacciato attraverso R_t, con una tensione positiva così alta. Ciò avviene perchè il valore ohmico di R_t è assai elevato, cosicchè la corrente che attraversa questa resistenza è piccola rispetto alla *corrente di griglia,* che provoca rapidamente la *carica negativa del condensatore.*

Nella fig. 39 è riprodotto l'andamento del fenomeno. La *carica* avviene qui *molto rapidamente* (tratto *AB*). La *scarica* avviene invece *in un tempo assai più lungo* (tratto *BC*). Da notare che *la scarica avviene in modo quasi rettilineo,* grazie alla contrapposizione delle tensioni applicate al condensatore C_t. Naturalmente su C_t si manifesta anche l'*oscillazione ad AF*. Per evitare che questa prosegua nell'*amplificatore*, si inserisce il noto *complesso filtrante* costituito dalla resistenza R_f. Ai terminali A_h è possibile così prelevare la richiesta *tensione a dente di sega.* Come vedete dalla fig. 39, l'*ampiezza massima* dell'oscillazione è di *18 volt*, quindi non sufficiente a spostare il raggio elettronico per tutta la larghezza dello schermo luminescente.

Anche qui è possibile variare la frequenza. Regolando C_t e R_t, si può passare da 10 000 a 150 000 Hz, il che basta nella maggior parte dei casi.

Abbiamo così visto i principali sistemi per la produzione delle *oscillazioni a dente di sega*; rimane naturalmente sempre la possibilità di variare molti particolari degli schemi.

c) La sincronizzazione

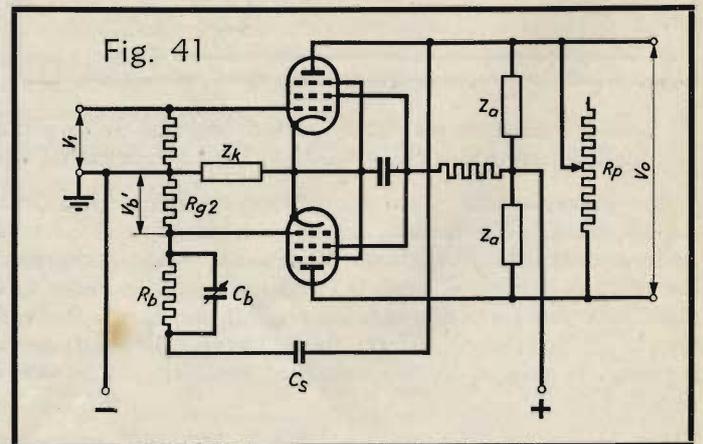
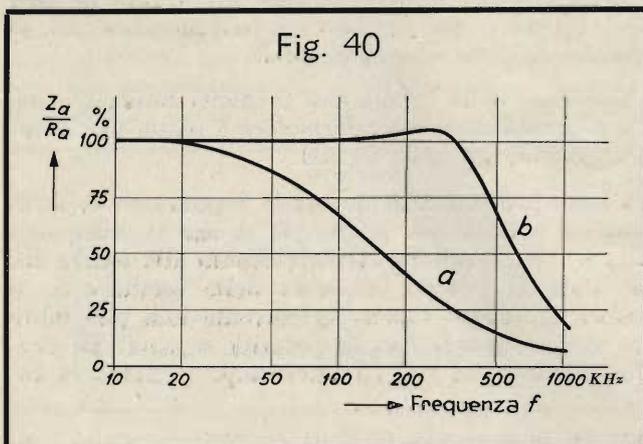
Volendo effettuare delle osservazioni sul *tubo a raggi catodici,* bisogna produrre delle *immagini immobili.* Come abbiamo constatato per le *figure di Lissajous,* occorre che le frequenze e le fasi delle tensioni applicate alle due coppie di *placche di deviazione* stiano tra loro in un rapporto ben determinato. La *tensione a dente di sega* applicata alle placche dell'*asse dei tempi* deve avere la medesima frequenza della tensione misurata, oppure una frequenza che sia una frazione intiera. Per esempio, volendo osservare la forma della *tensione di rete,* a 50 Hz, si ottiene un'*immagine immobile,* costituita da *due alternanze sinusoidali,* qualora la *tensione a dente di sega* abbia la frequenza di 25 Hz. In generale, le *oscillazioni a rilassamento* sono abbastanza facili da sincronizzare, cioè da mantenere nel giusto rapporto con la frequenza di misura. Se il rapporto è inferiore a 1, si tratta di una suddivisione di frequenza.

Usando un *triodo a gas* si applica, per esempio, a questo scopo, una parte della tensione di misura alla griglia. È facile comprendere che l'innesco della valvola (chiamata anche « *thyratron* ») avviene nell'istante in cui la *tensione di misura* raggiunge il *massimo della semionda positiva,* poichè allora la *polarizzazione negativa di griglia* è ridotta al *minimo valore.* Con ciò il sincronismo è già realizzato. Se invece la *tensione di sincronizzazione* è troppo piccola, il *condensatore* continua a caricarsi, anche dopo aver oltrepassato il vertice della semionda, ma allora l'innesco avviene in corrispondenza del massimo della semionda successiva. In tal caso la *frequenza* risulta appunto *dimezzata,* come abbiamo accennato più sopra. Usando invece lo schema della figura 37, la sincronizzazione si attua sulla griglia di *HR*, poichè allora si forma una tensione maggiorata ai capi di R_1, provocando l'inizio della scarica. Anche lo schema delle fig. 38 può essere sincronizzato agendo sulla griglia.

Se l'ampiezza disponibile non è sufficiente per la sincronizzazione, o se l'*amplificatore per la deviazione verticale* non può essere caricato, bisogna prevedere un'*apposita valvola di sincronizzazione.* Questa può avere un fattore d'amplificazione anche basso (circa 10 volte); l'importante è che la sincronizzazione non provochi un carico supplementare della tensione da misurare. In ogni caso è indispensabile che la frequenza dell'*oscillazione a dente di sega* possegga già, per se stessa, un valore abbastanza vicino a quello voluto; è allora assai facile realizzare la sincronizzazione perfetta.

d) L'amplificatore di deviazione

Quando si vogliono esaminare all'oscilloscopio delle *tensioni relativamente esigue,* è necessario usare un *amplificatore,* che deve, naturalmente, corrispondere a particolari esigenze. In primo luogo è importante che l'amplificazione sia, entro larghi limiti, indipendente dalla frequenza. Si noti però che, aumentando la fre-

quenza, si fa sentire sempre più l'effetto delle inevitabili *capacità* tra gli *elettrodi delle valvole*, che provocano la diminuzione dell'amplificazione. Un normale *amplificatore a resistenza* presenta il comportamento indicato dalla curva *a* della fig. 40. Questa riporta il valore dell'amplificazione riferito all'*amplificazione massima*. Senza occuparci dei dettagli schematici, facciamo osservare la curva *b*, che appartiene ad un amplificatore nel quale, per mezzo di accoppiamenti dipendenti dalla frequenza, si è ottenuta la linearizzazione della risposta entro un campo abbastanza vasto. È infatti raggiunta la costanza fin oltre i 200 kHz, ciò che costituisce un notevole progresso di fronte alla curva *a*, ove l'amplificazione diminuisce già oltre i 20 kHz. Se si rinuncia alla massima amplificazione possibile, si riesce a *linearizzare la curva di risposta fino ed oltre 1 MHz.*

L'esperienza nell'impiego degli *oscilloscopi a raggi catodici* ha dimostrato che si ottengono *immagini nette e non deformate,* soltanto *quando entrambe le placche presentano verso l'anodo e la custodia la medesima tensione, ma di polarità contraria.* Nella maggior parte dei casi, però, le *tensioni da misurare* sono riferite alla terra; esse vengono dette allora « *asimmetriche* », poichè bisognerebbe mettere a terra una placca, mentre l'altra soltanto sarebbe sottoposta alla tensione.

Dalle nostre spiegazioni sui vari tipi d'amplificatori, conoscete già l'*amplificatore in controfase,* che fornisce tra i due anodi una *tensione simmetrica* rispetto alla massa. Gli schemi considerati a suo tempo impiegavano, come elementi essenziali, dei *trasformatori con presa centrale,* che sono però quanto mai inadatti per l'amplificazione indipendente dalla frequenza. Come si vede nella fig. 41, è facile sostituire, in primo luogo, il *trasformatore anodico* per mezzo di *combinazioni di resistenze,* designate con Z_a. Più difficile è trovare il modo di applicare alle griglie delle *tensioni di fase opposta.* Prima ciò si faceva usando il *trasformatore di entrata,* che rendeva simmetriche le tensioni. Si potrebbe anche usare una *terza valvola,* per provocare l'inversione di fase della tensione applicata a una delle due *amplificatrici di controfase.* Nello schema di fig. 41 si ricorre invece ad un artificio analogo. La *tensione asimmetrica d'entrata* V_1 è applicata *alla griglia della valvola superiore.* Nel circuito anodico di questa valvola si presenta allora una *tensione sfasata di 180°* rispetto alla *tensione d'entrata.* Questa tensione, attraverso al *condensatore di separazione* C_s viene riportata sul *partitore* costituito da R_b-C_b e R_{g2}, e applicata con la giusta fase *alla griglia della seconda valvola.* La tensione V'_b, così ottenuta, è simmetrica rispetto alla terra per la tensione d'entrata V_1. L'elemento Z_k, costituito essenzialmente da un'*impedenza d'AF,* e il *condensatore* C_b in parallelo a R_b, servono per la *correzione di frequenza dell'amplificazione.* Non occorre che descriviamo, in questa occasione, l'esatta funzione di queste parti. Nel lato destro della fig. 41 si vede, inoltre, la *resistenza addizionale di griglia-schermo,* comunque per entrambe le valvole, nonchè il *condensatore* ivi necessario. Regolando la *resistenza in parallelo* R_p, è possibile estendere la linearità della curva di risposta dell'*amplificatore,* riducendone, nel contempo, l'amplificazione, come s'è detto.

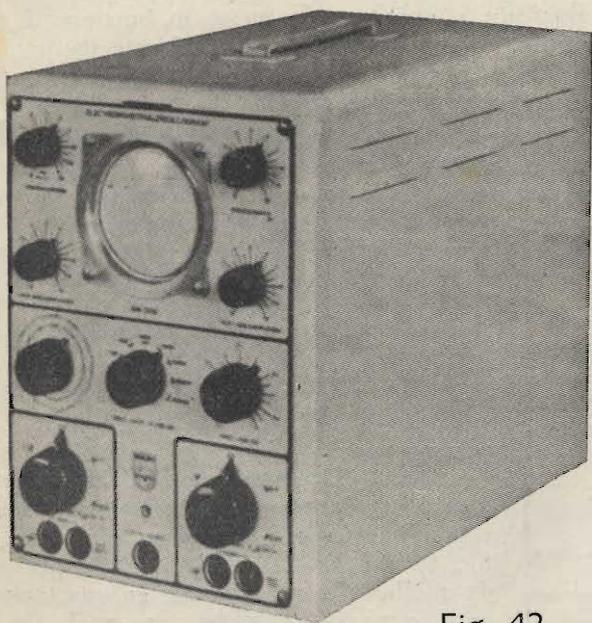
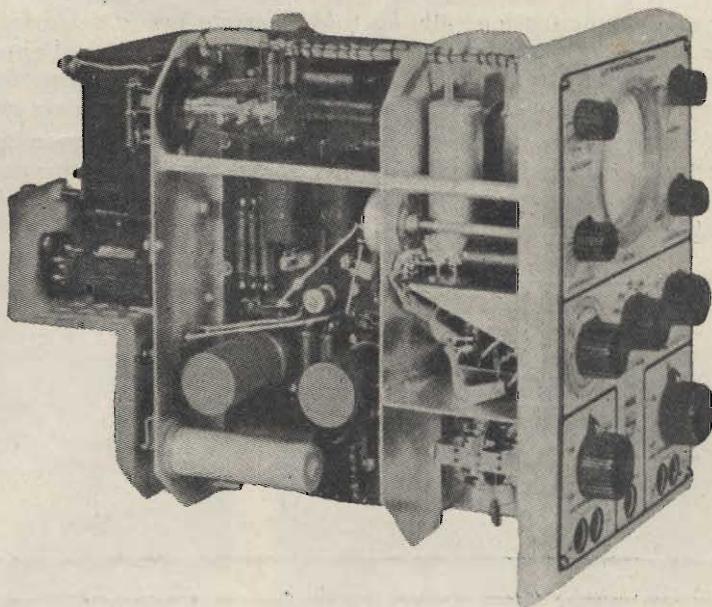



Fig. 42 Fig. 43

Con ciò abbiamo terminato l'esame delle parti principali di un *oscilloscopio a raggi catodici* per usi normali. Riportiamo, per terminare, due fotografie del nuovo apparecchio Philips GM 3159, già citato.

La fig. 42 rappresenta la vista esterna dell'apparecchio. In alto, nel centro, è disposto il *tubo a raggi catodici,* circondato dai bottoni per la *regolazione della luminosità e della messa a fuoco,* nonchè per la *regolazione fine dell'amplificazione,* sia verticale che orizzontale. I tre bottoni seguenti in basso servono per la *messa a punto della tensione di sincronizzazione,* per la regolazione della frequenza della *tensione a dente di sega.* Infine le due ultime manopole, più in basso, servono per la *messa a punto grossolana degli amplificatori,* secondo l'ampiezza delle tensioni di misura disponibili. Del tutto in basso sono collocate le *boccole di inserzione per placche o per gli amplificatori di deviazione orizzontale e verticale.*

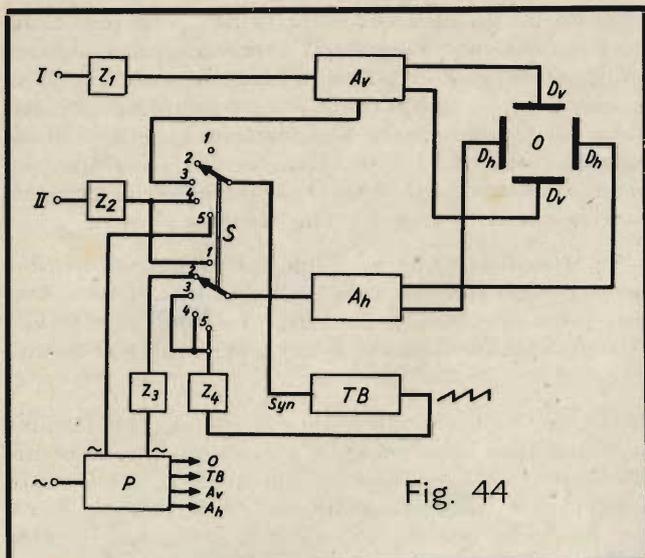



Fig. 44

La fig. 43 consente di gettare uno sguardo nell'interno dell'apparecchio. Risulta che questo è suddiviso in singole unità costruttive. Lo schema semplificato dell'apparecchio (fig. 44) mostra come collaborino i singoli organi. In alto, a destra, è rappresentato il *tubo catodico con le placche di deviazione orizzontali* (D_h) *e verticali* (D_v), alle quali sono allacciati i relativi *amplificatori* (A_h e A_v). Il *commutatore S* a diverse posizioni simboleggia le possibilità di commutazione previste per l'apparecchio. *TB* è il *generatore della tensione a dente di sega* e *P* l'*alimentatore dalla rete*. Z_1, Z_2, Z_3 e Z_4 sono dei *potenziometri*, che consentono di regolare le tensioni d'entrata di entrambi gli *amplificatori*. Z_1 si trova davanti all'*amplificatore verticale*, Z_2 permette di regolare la *tensione di deviazione orizzontale* applicata direttamente ad A_h, Z_3 regola la *tensione di deviazione a frequenza di rete*, che occorre per certe osservazioni della rete, e infine Z_4 serve a regolare l'ampiezza della *tensione a dente di sega* fornita da *TB*.

Abbiamo potuto esaminare così, con questo moderno oscilloscopio, un bell'esempio di costruzione ben riuscita e rispondente allo scopo. Per restare nei limiti della presente trattazione, abbiamo descritto soltanto le particolarità di interesse generale, rinunciando consapevolmente a tutti quei particolari, che riguardano soltanto il costruttore, e non colui che deve usare l'apparecchio per effettuare delle misure.

e) Esempi di misure

Per terminare, ci occuperemo un poco dell'*uso dell'oscilloscopio* nelle misure pratiche. Come esempio prendiamo un caso semplice e di facile comprensione: la *tensione di ronzio* nei successivi punti di un *raddrizzatore d'alimentazione a due vie.*

Alcune cose vanno osservate già prima di accendere l'oscilloscopio. L'*interruttore di rete* spesso è combinato con la *messa a punto della luminosità*. Partendo dalla posizione di zero, la prima rotazione del bottone verso destra provoca l'accensione dell'apparecchio. È conveniente attendere qualche istante, finchè le valvole sono accese, prima di inserire tutta la luminosità. Va osservata inoltre un'altra precauzione. Fintantochè non è collegata alcuna tensione alle *boccole d'entrata per la deviazione verticale,* e finchè non è messo in funzione il *generatore della tensione a dente di sega* contenuto nell'apparecchio, compare sullo schermo soltanto un punto. Se il punto luminoso viene lasciato per un certo tempo immobile e messo bene a fuoco nello stesso posto, esso *brucia* la massa luminescente dello schermo e lascia un segno che non scompare più.

Nella fig. 45 è visibile l'*alimentatore* che vogliamo esaminare. Cominciamo col punto *A*. Poichè, oltre alla *tensione di ronzio,* è presente anche una *tensione continua,* cominciando a bloccare quest'ultima con un *condensatore* da circa 0,1 μF, posto davanti all'entrata delle *placche verticali* o del relativo *amplificatore.* Per ottenere un'immagine fissa, si applica la *tensione a dente di sega,* prodotta nell'interno dell'apparecchio, alle *placche orizzontali.* Se il *raddrizzatore* della fig. 45 è alimentato dalla rete a 50 Hz, la più bassa *frequenza di ronzio* è di 100 Hz. Secondo il valore scelto e sincronizzato per la frequenza dell'*asse dei tempi,* si ottengono sullo schermo *4 oscillazioni complete* (per dente di sega a 25 Hz) oppure *due* (50 Hz) o *una* sola (100 Hz). Per l'*asse dei tempi* a 50 Hz, che può essere sincronizzato anche direttamente dalla rete, si ottiene l'immagine riportata a fig. 46. La *distanza* della punta superiore da quella inferiore equivale ad una *tensione di circa 5 volt.* Vedete ora quale sia la curva corrispondente alla *tensione di ronzio.* La linea sottile, che attraversa l'immagine, è dovuta al ritorno del raggio catodico (a meno che questo non sia soppresso mediante *comando automatico di oscuramento*).

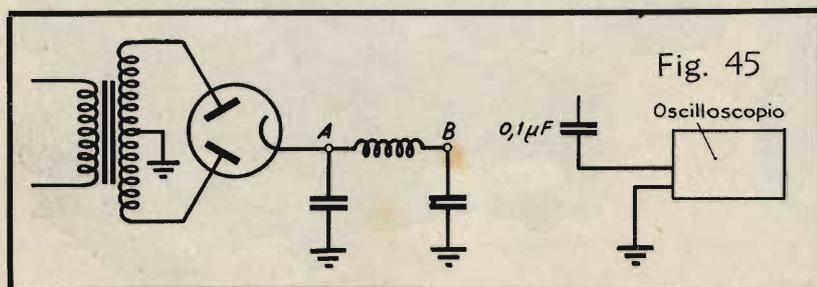



Fig. 45

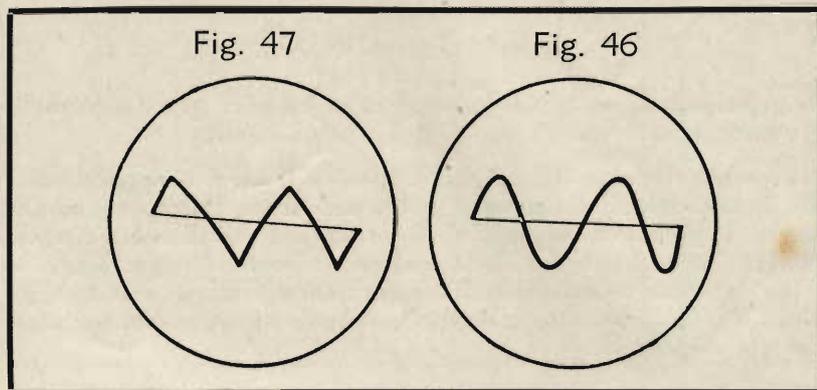



Fig. 47 Fig. 46

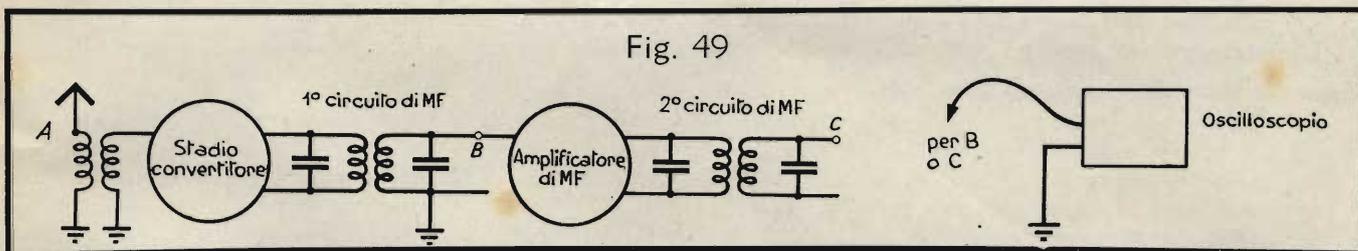
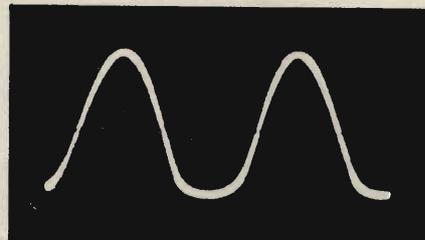
Il raggio passa come un lampo attraverso lo schermo, ma è sempre obbligato a ritornare nel punto di partenza. Naturalmente, essendo l'ampiezza del ronzio di soli 5 volt, è necessario mettere in funzione l'*amplificatore verticale.*

La misura diventa interessante nel momento in cui confrontiamo l'immagine ripresa nel punto *A* con quella del punto *B*, cioè dopo l'*impedenza di livellamento* (fig. 45). Per ottenere la *medesima altezza* dell'immagine, bisogna aumentare notevolmente l'amplificazione, portandola a circa 50 volte il valore di prima. L'*asse dei tempi* e la *sincronizzazione* rimangono invece immutati. Oltre ad essere quindi molto ridotta, la *tensione di ronzio* è divenuta, come risulta dalla fig. 47, di forma molto più sinusoidale. Qualora non si ritrovassero le immagini delle figure 46 e 47, oppure non si ottenesse il rapporto d'amplificazione indicato, ciò significherebbe che *i condensatori non presentano la capacità nominale*, oppure che *l'impedenza è guasta*. Delle misure molto semplici consentono quindi di fare delle importanti deduzioni.

Nella Dispensa N. 11, parlando delle caratteristiche delle valvole, abbiamo detto che, quando queste lavorano nel tratto incurvato della caratteristica, si presentano delle distorsioni. Con l'aiuto dell'oscilloscopio siamo ora in grado di riprodurre sullo schermo le figure che avevamo costruito geometricamente. La fig. 48 mostra ciò che avviene quando il *punto di lavoro* viene scelto *troppo in basso* sulla caratteristica. È ovvio che, per eseguire correttamente una misura di questo genere, bisogna applicare alla griglia della *valvola amplificatrice* una tensione alternata di forma perfettamente sinusoidale. La tensione amplificata e distorta viene prelevata ai capi della *resistenza anodica*.

Fig. 48

Per ottenere l'immagine fissa della fig. 48, bisogna che la *tensione a dente di sega* abbia una frequenza pari alla metà della *frequenza di misura*; si ottengono allora infatti due alternanze complete.

Svariate misure si possono effettuare anche nella parte ad *AF*, poichè il tubo a raggi catodici funziona correttamente anche fino a frequenze assai elevate. Bisogna soltanto che anche *l'amplificatore* e il *generatore della tensione a dente di sega* « ce la facciano ». È particolarmente interessante verificare *l'aumento progressivo dell'amplificazione di un apparecchio radio*. Si applica a questo scopo, alle prese dell'antenna, un piccolo *trasmettitore di misura*, un cosiddetto « *generatore di prova per ricevitori* », che eroga una tensione pari ad una piccola frazione di volt. Con l'amplificazione relativamente debole dell'oscilloscopio dapprima non si vede quasi nulla. Misurando però negli stadi successivi d'*AF*, per esempio nei punti *B* o *C* della fig. 49, si constata che la deviazione del raggio catodico va sempre aumentando. Poichè l'amplificazione teorica dei singoli stadi è nota, si può controllare subito quale di essi amplifica troppo poco, e si ha modo così di individuare molto più facilmente gli eventuali difetti.

Voi chiederete a ragione quali siano le immagini che si presentano sullo schermo quando si effettuano queste misure.

Il *generatore di prova dei ricevitori* fornisce di solito un'*AF* modulata in ampiezza con la frequenza fonica di 400 Hz. Se non si tiene conto di questa circostanza, si forma l'immagine della figura 50. Se invece la *tensione a dente di sega* è sincronizzata sui 400 Hz e ha la frequenza di 100 Hz, compare l'immagine della figura 51. Le oscillazioni ad *AF* sono talmente rapide, da non lasciare che un riflesso luminoso sullo schermo, mentre le curve sinusoidali a 400 Hz, che le delimitano, risultano molto nitide. L'oscilloscopio ci mostra quindi nuovamente un'immagine che abbiamo già trovato nella fig. 1 della Dispensa N. 15. Ora sapete che si possono ottenere queste figure, e comprendete l'enorme importanza dell'oscilloscopio a raggi catodici.

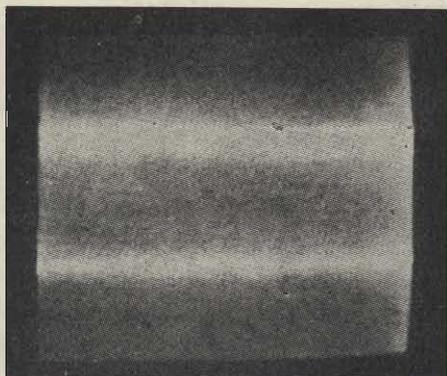
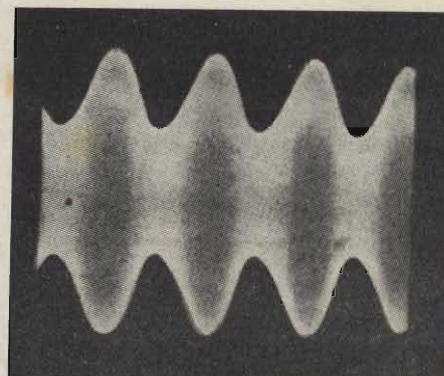



Fig. 50

Fig. 51

Domande

1. Quali elettrodi del tubo a raggi catodici hanno una tensione regolabile?

2. Che tensione presentano verso la terra l'anodo ed il catodo del tubo di Braun?
3. Fino a quali frequenze si possono usare i triodi a gas rari, per produrre delle oscillazioni di rilassamento?
4. In che consiste la sincronizzazione nell'oscilloscopio a raggi catodici?

Risposte alle domande di pag. 11

1. Non è possibile inserire semplicemente un amplificatore in una linea telefonica, poichè l'entrata, cioè la griglia, verrebbe a trovarsi da un lato, mentre l'uscita, cioè la placca, sarebbe dall'altro lato. Non si potrebbe quindi ottenere l'amplificazione in entrambe le direzioni.
2. Vi sono due possibilità: gli amplificatori a due e quelli a quattro fili.
3. Il sistema a quattro fili può essere applicato a linee di qualsiasi lunghezza.
4. I dispositivo correttore delle distorsioni, negli amplificatori telefonici, è costituito da un assieme di bobine e di condensatori, collegati in modo da compensare il trattamento diverso che subiscono nel cavo le frequenze alte e quelle basse.
5. L'amplificazione di uno stadio amplificatore telefonico è di circa 3 neper, il che corrisponde ad un'amplificazione della tensione nel rapporto di 1 a 20.

Risposte alle domande di pag. 16

1. Tanto nella telefonia a frequenze vettrici, quanto nella radio, le differenti trasmissioni si distinguono soltanto per le differenti frequenze portanti. Le stazioni radiotrasmittenti emettono le loro onde nel medesimo etere; le conversazioni a frequenze vettrici sono inoltrate attraverso la medesima linea.
2. La modulazione a banda laterale unica presenta, rispetto alla modulazione d'ampiezza usata nella radio, il grande vantaggio di richiedere una minore larghezza di banda per ciascun canale.
3. Il modulatore è costituito da quattro raddrizzatori a secco collegati ad anello.
4. La banda vocale 300 . . . 3 400 Hz si tramuta, dopo la prima trasposizione di frequenza effettuata con la portante di 8 kHz, nella banda 7 700 . . . 4 600 Hz. Quest'ultima viene quindi trasportata, con l'aiuto di una portante di 56 kHz, nella banda richiesta di 48 300 . . . 51 400 Hz.
5. Nel lato trasmittente si inserisce un filtro molto selettivo, dopo la prima trasposizione di frequenza. Il filtro, posto dopo la seconda trasposizione di frequenza, è invece più semplice e meno selettivo.

Risposte alle domande di pag. 19

1. L'effetto piezoelettrico consiste nella formazione di cariche elettriche, che si presentano in certi cristalli, quando su di essi si esercita una pressione.
2. Nella tecnica dell'*AF* si adoperano come cristalli piezoelettrici il quarzo, il sale di Seignette e la tormalina.
3. L'oscillazione del quarzo si distingue per l'enorme costanza della frequenza.
4. I quarzi oscillanti servono per stabilizzare le onde portanti e per comandare gli orologi a quarzo.

Risposte alle domande di pag. 28

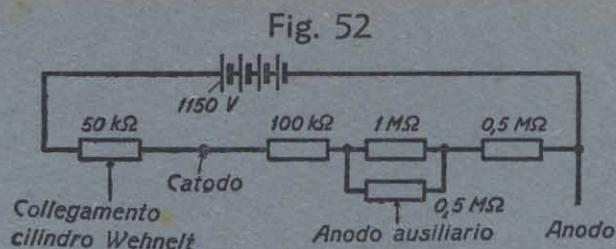
1. Nel tubo a raggi catodici sono regolabili le tensioni del cilindro di Wehnelt (luminosità) e dell'anodo ausiliario (messa a fuoco).
2. Generalmente, l'anodo del tubo di Braun è messo a massa. Perciò il catodo viene a trovarsi a una tensione negativa verso la massa e quindi verso la terra.
3. I triodi a gas rari servono per la produzione delle oscillazioni di rilassamento, fino alla frequenza di circa 100 kHz.
4. La sincronizzazione negli oscilloscopi a raggi catodici consiste nel far sì che la frequenza della tensione a dente di sega divenga uguale alla frequenza misurata, oppure uguale ad una parte intera della stessa (per esempio, se la frequenza del dente di sega è 1/3 di quella di misura, si ottengono sullo schermo tre complete alternanze della tensione misurata).

COMPITI

1. Da che cosa dipende l'attenuazione di un cavo e come si tiene conto di ciò nella costruzione dei cavi?
2. Calcolate l'attenuazione per chilometro di un cavo, alla frequenza di 300 Hz. Qual è l'attenuazione complessiva di un cavo lungo 20 km? Calcolate inoltre l'impedenza caratteristica e l'attenuazione per chilometro nel campo di validità delle formule semplificate (alle frequenze più alte).
   (Induttanza $= 0{,}7 \frac{\text{mH}}{\text{km}}$; resistenza $= 73{,}2 \frac{\text{ohm}}{\text{km}}$; capacità $33 \frac{\text{nF}}{\text{km}} = 33 \cdot 10^{-9} \frac{\text{F}}{\text{km}}$).
3. Spiegate, servendovi della fig. 9, come mai la conversazione dell'utente *B*' non venga udita dall'utente *C*', e quali condizioni debbano esser rispettate.
4. A che serve la linea artificiale nel sistema duplice? (Vedasi anche l'*attenuazione d'auto-ascolto* nella Dispensa N. 14).
5. Perchè è meglio inserire degli amplificatori intermedi nel corso di una linea telefonica, e non limitarsi ad effettuare la necessaria amplificazione all'inizio ed al termine della linea?
6. Spiegate perchè le conversazioni inoltrate per mezzo di un collegamento a frequenze vettrici risultano più naturali di quelle trasmesse attraverso ad una linea pupinizzata.
7. Quali sono le trasposizioni di frequenza subite dalla normale banda vocale (300 . . . 3 400 Hz) nella trasmissione a frequenze vettrici? (Considerare la portante di 28 kHz nel sistema a 12 canali).
8. Qual è il compito di un termostato, e perchè occorre questo dispositivo col quarzo oscillante?
9. Citate le parti essenziali dell'oscilloscopio a raggi catodici e descrivetene il funzionamento.

10. Qual è la tensione massima tra l'anodo ausiliario ed il catodo, facendo uso delle resistenze parziali indicate nella fig. 52 qui a fianco, per una tensione complessiva di 1150 volt?

11. Descrivete la formazione delle oscillazioni a dente di sega, ottenute mediante condensatore di carica, pentodo in serie e triodo a gas.

12. Come mai nella sincronizzazione delle oscillazioni di rilassamento si può ottenere una suddivisione di frequenza?

FORMULE CONTENUTE NELLA DISPENSA N. 20

Formula N.: pag.

(67) $\beta = \frac{1}{2} \cdot \frac{\textit{Resistenza del filo al km}}{\textit{Impedenza caratteristica}}$ . . . . » 2

(68) $\beta = \sqrt{\frac{2\pi \cdot f \cdot RC}{2}} \left[\frac{\text{Neper}}{\text{km}}\right]$ . . . . » 2